



## 저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

物流學博士 學位論文

# 부산항신항 배후단지 물류업체의 물류서비스 활성화를 위한 실시간 라우팅시스템

A Study on the Real Time Routing System for Facilitating  
Logistics Service among the Logistics Companies in Busan  
New Port Hinterland

指導教授 郭圭錫



2010年 8月

韓國海洋大學校 大學院

東北亞物流시스템學科

河 昌 昇



本 論文을 河昌昇의 物流學博士 學位論文으로 認准함.

委員長 工學博士 南奇燦 印

委 員 工學博士 申宰榮 印

委 員 經營學博士 鄭二相 印

委 員 商船學博士 金廣熙 印

委 員 工學博士 郭圭錫 印



2010年 8月

韓國海洋大學校 大學院

Abstract

I. 서론

|                 |   |
|-----------------|---|
| 1. 연구의 배경 ..... | 1 |
| 2. 연구의 목적 ..... | 4 |
| 3. 연구의 구성 ..... | 7 |

II. 이론적 고찰

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 1. 항만배후단지 .....                | 8  |
| 1.1 항만배후단지의 개념 .....           | 8  |
| 1.2 항만배후단지의 기능 .....           | 9  |
| 1.3 항만배후단지에 관한 선행연구 .....      | 10 |
| 2. 항만배후단지와 물류 아웃소싱 .....       | 13 |
| 2.1 항만배후단지의 물류 아웃소싱 서비스 .....  | 13 |
| 2.2 국내외 물류 아웃소싱의 시장 현황 .....   | 14 |
| 2.3 물류 아웃소싱의 전략적 활용 .....      | 16 |
| 3. 물류 아웃소싱의 전략적 활용과 정보기술 ..... | 18 |
| 3.1 물류 아웃소싱과 항만경쟁력간의 관계 .....  | 18 |
| 3.2 물류 아웃소싱과 정보기술과의 관계 .....   | 19 |
| 3.3 정보기술의 전략적 활용사례 .....       | 23 |

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 4. 동적 작업계획의 필요성 ..... | 26 |
|-----------------------|----|

### III. LBS 기반 라우팅시스템 구현

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 1. LBS 기반 라우팅시스템 .....       | 27 |
| 1.1 LBS 개요 .....             | 27 |
| 1.2 LBS 기반 라우팅시스템의 필요성 ..... | 36 |
| 1.3 LBS 기반 라우팅시스템 적용사례 ..... | 38 |
| 2. 입주 물류업체의 서비스 분석 .....     | 43 |
| 2.1 기본업무 분석 .....            | 43 |
| 2.2 운송서비스 분석 .....           | 47 |
| 3. 프로세스 및 데이터 모델링 .....      | 49 |
| 3.1 프로세스 모델링 .....           | 49 |
| 3.2 데이터 모델링 .....            | 55 |
| 4. 시스템 아키텍처 모델링 .....        | 58 |
| 4.1 시스템 구조 .....             | 58 |
| 4.2 시스템 인터페이스 .....          | 61 |

### IV. 실시간 라우팅 운영규칙 설계

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 1. 운영규칙 적용을 위한 조건 ..... | 64 |
| 2. 동적계획 적용의 필요성 .....   | 66 |

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 3. 운영규칙 정의 .....                      | 69 |
| 3.1 의사결정시점과 상황변수 .....                | 69 |
| 3.2 운송라우팅 규칙의 정의 .....                | 73 |
| 3.3 운송라우팅 규칙 적용에 따른 평가기준 및 전환확률 ..... | 76 |

## V. 실험 및 기대효과

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 1. 시뮬레이션 모델링 .....      | 79  |
| 1.1 시뮬레이션의 의의 .....     | 79  |
| 1.2 시뮬레이션 설계 및 실험 ..... | 80  |
| 2. 결과분석 .....           | 89  |
| 2.1 규칙적용 이전 .....       | 89  |
| 2.2 규칙적용 이후 .....       | 95  |
| 2.3 소요시간 분석 .....       | 101 |



## VI. 결 론

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 1. 연구의 의의 .....     | 103 |
| 2. 연구결과의 활용방안 ..... | 105 |
| 3. 한계점 및 향후연구 ..... | 106 |

|            |     |
|------------|-----|
| 참고문헌 ..... | 107 |
|------------|-----|

## 표 차 례

|   |     |
|---|-----|
| <표 2-1> 전략적 측면에서 항만배후단지의 선행연구 .....       | 12  |
| <표 2-2> 글로벌 물류 아웃소싱 시장규모 및 전망 .....       | 15  |
| <표 2-3> 국내 물류 아웃소싱 시장규모 및 전망 .....        | 16  |
| <표 2-4> 배후단지 활성화 및 항만 경쟁력 관련 연구 .....     | 18  |
| <표 2-5> 정보기술을 통한 물류품질 성과지표 .....          | 22  |
| <표 3-1> 국내물류기업의 위치기반서비스 .....             | 39  |
| <표 3-2> 입주 물류업체의 대표업종 .....               | 44  |
| <표 4-1> 차량운행 방향의 개념적 설정 .....             | 70  |
| <표 5-1> 창고별 넓이 및 물동량 .....                | 81  |
| <표 5-2> 기업별 개별 트레일러 운영의 경우 .....          | 89  |
| <표 5-3> 교차로 분석결과 .....                    | 94  |
| <표 5-4> 풀링과 듀얼사이클링을 적용한 트레일러 운영의 경우 ..... | 95  |
| <표 5-5> 교차로에서의 트래픽 결과 .....               | 101 |



## 그 립 차 례

|   |    |
|---|----|
| <그림 2-1> 물류 아웃소싱과 정보 흐름의 관계 .....       | 21 |
| <그림 3-1> LBS의 기본 개념 .....               | 28 |
| <그림 3-2> 신호세기에 의한 위치측정 원리 .....         | 29 |
| <그림 3-3> 도착각도에 의한 위치측정 원리 .....         | 30 |
| <그림 3-4> 전파전달시간에 의한 위치측정 원리 .....       | 32 |
| <그림 3-5> TDOA에 의한 위치측정 원리 .....         | 33 |
| <그림 3-6> 텔레매틱스를 이용할 위치기반 서비스 .....      | 41 |
| <그림 3-7> 부산항신항 배후단지의 평면도 .....          | 44 |
| <그림 3-8> 배후단지 물류업체의 수입화물 업무 흐름도 .....   | 45 |
| <그림 3-9> 배후단지 물류업체의 수출화물 업무 흐름도 .....   | 46 |
| <그림 3-10> 운송서비스분석을 위한 반출입 처리 흐름도 .....  | 48 |
| <그림 3-11> 수입화물 입고 순차 다이어그램 .....        | 50 |
| <그림 3-12> 수입화물 출고 순차 다이어그램 .....        | 51 |
| <그림 3-13> 수입화물 체화 순차 다이어그램 .....        | 52 |
| <그림 3-14> 수입화물 분할 순차 다이어그램 .....        | 53 |
| <그림 3-15> 수출화물 입고 순차 다이어그램 .....        | 54 |
| <그림 3-16> 수출화물 출고 순차 다이어그램 .....        | 55 |
| <그림 3-17> CFS 수입화물 반출입 데이터 ERD 모델 ..... | 57 |
| <그림 3-18> 시스템의 전체 구조도 .....             | 58 |
| <그림 3-19> 무선단말기로부터 수신된 차량의 절대 좌표값 ..... | 60 |
| <그림 3-20> 차량의 좌표 변환 및 위치 추적 화면 .....    | 60 |
| <그림 3-21> CFS 반입 관리 .....               | 61 |
| <그림 3-22> 게이트 반출입 관리 화면 .....           | 62 |
| <그림 3-23> 컨테이너 정보관리 화면 .....            | 63 |
| <그림 4-1> 부산항신항 항만 및 배후단지 물류업체 배치도 ..... | 66 |

|  |    |
|--|----|
| <그림 4-2> 터미널과 물류업체간 차량 운행의 개념적 관계 .....    | 69 |
| <그림 5-1> 시뮬레이션 수행 절차 .....                 | 80 |
| <그림 5-2> 시뮬레이션 객체 발생 입력 화면 .....           | 83 |
| <그림 5-3> 트레일러 운행 속도 입력 화면 .....            | 84 |
| <그림 5-4> 컨테이너 발생 처리 정보 입력 화면 I .....       | 85 |
| <그림 5-5> 컨테이너 발생 처리 정보 입력 화면 II .....      | 85 |
| <그림 5-6> 트레일러 정보입력 .....                   | 86 |
| <그림 5-7> 시뮬레이션 모델 구현 .....                 | 87 |
| <그림 5-8> 트레일러 운행 모습 .....                  | 87 |
| <그림 5-9> 트레일러 운행 프로그램 .....                | 88 |
| <그림 5-10> 입고컨테이너 최대 대기량 .....              | 90 |
| <그림 5-11> 입고컨테이너 평균 대기시간 .....             | 90 |
| <그림 5-12> 출고컨테이너 최대 대기량 .....              | 91 |
| <그림 5-13> 출고컨테이너 평균 대기시간 .....             | 92 |
| <그림 5-14> 트레일러 적재운행률, 공차운행률 및 정차율 변화 ..... | 92 |
| <그림 5-15> 시뮬레이션을 위한 교차로 정의 .....           | 94 |
| <그림 5-16> 입고컨테이너 최대 대기량 .....              | 96 |
| <그림 5-17> 입고컨테이너 평균 대기시간 .....             | 97 |
| <그림 5-18> 출고컨테이너 최대 대기량 .....              | 98 |
| <그림 5-19> 출고컨테이너 평균 대기시간 .....             | 99 |
| <그림 5-20> 트레일러 적재운행률, 공차운행률 및 정차율 변화 ..... | 99 |

# **A Study on the Real Time Routing System for Facilitating Logistics Service among the Logistics Companies in Busan New Port Hinterland**

Ha, Chang Seung

*Department of Logistics in Northeast Asia,  
Graduate School of Korea Maritime University*

## **Abstract**

Recently, global production system through multinational management and localization strategies is bringing many changes to the international logistics system. Global logistics and distribution companies are building networks connecting ports for more convenient management and logistics activities for economy of scale and betterment of logistics services. In particular, multinational logistics companies view the world as a single market to build property networks at port hinterlands where it is easy to extend global management strategies and provide logistics services, while scattering procurement, production, and distribution structures to different regions for various logistics activities.

In case of Busan New Port Hinterland, however, the preexisting road is narrow and the completion of the new road from the west of New Port to Jinrye IC is being delayed. When the Hinterland is fully activated after 2015, the volume of traffic and logistics is expected to increase rapidly. As logistics companies in the Hinterland would need to pay a lot of logistics cost due to traffic congestion, the solution to this problem would



be critical to the success of the logistics companies.

The shuttle that currently connects Busan New Port to the logistics companies in the Hinterland has the following companies: first, resources are consumed redundantly as each logistics company has independent transport vehicles. Second, the companies are not taking advantage of geographical merits of clustered complexes because different vehicles are used each time due to irregular schedules. Third, many one-way transports return empty to increase empty return rate. Fourth, immediate response to traffic congestions, accidents, or other unexpected situations on the road is impossible.

In order to solve these problems, it is necessary to establish a dynamic operating plan based on visibility and configure dynamic routing where real-time control is possible. Also, redundancy of consumption should be avoided and the transport system should take advantage of the geographical conditions of clustered hinterland. By sharing transport resources through logistics outsourcing, vehicles turning back to origin should be sent to nearby areas with demand to minimize empty return rate and reduce the number of vehicles operated.

In this respect, this study had the following purposes to realize these solutions: first, preceded studies were examined to analyze the operation of logistics companies in the Hinterland and the existing shipping management systems, and to configure a dynamic routing system. Also, a virtual logistics network with variability was established and processes were designed. Second, heuristic approach was made for operation scheduling and real-time operating rules to configure the best possible dynamic plan. Third, the reduction of consumption of resources with the shuttle and the efficiency were examined through a simulation of pooling and dual cycling applied to logistics outsourcing companies' shipping plans.

In result of simulating the existing transport system of logistics companies in the Hinterland, the optimal number of trailers for minimum wait time of incoming/ outgoing containers and maximum operation efficiency was 32. In this case, incoming containers' average wait time was 0.53 minute and outgoing containers' average wait time was 5.66 minutes. Loaded operation rate was 72.2%, empty operation rate was 22.9%, and parking rate was 4.8%.

When routing operation rules supporting pooling and dual cycling of transport vehicles were applied, trailer parking rate was the lowest at 2% when there were 16 trailers, and parking rate increased when the number of trailers was increased. Also, when the number of trailer was 15 or below, incoming containers' average wait time was 2.76 minutes and outgoing containers' average wait time was 7.66 minutes. Loaded operation rate was 87.4%, empty operation rate was 10.6%, and parking rate was 2.0%.

Therefore, when routing operation rules supporting pooling and dual cycling of transport vehicles were applied, the number of required trailers was halved from 32 to 16. Although the average wait time of containers slightly increased from 0.53 to 2.76 minutes for incoming and from 5.66 to 7.66 minutes for outgoing, trailers' loaded operation rate increased from 72.2% to 87.4%, empty operation rate decreased from 22.9% to 10.6%, and parking rate halved from 4.8% to 2.0%.

In sum, the operation method supporting pooling and dual cycling, in comparison to the existing method, reduced the number of trailers by 50% and improved the efficiency of operation by nearly 20% overall. Thus, sharing operation by outsourcing logistics companies with dynamic plans and routing rules would improve the efficiency of resources, such as vehicles and manpower, as well as the quality of service.

# I. 서 론

## 1. 연구의 배경

최근 중국에서 수행되고 있는 수직계열화 생산체제와 현지화 전략을 통한 글로벌 생산방식은 국제물류체계에 많은 변화를 가져오고 있다. 글로벌 물류유통 기업들은 규모의 경제와 물류서비스의 고도화를 위해 경영과 물류활동이 편리한 항만지역을 중심으로 유통망을 구축하고 있다. 특히 다국적 물류기업들은 세계를 단일시장으로 인식하여 조달, 생산, 유통 구조를 지역적으로 분산시키면서도 글로벌 경영전략의 확대와 물류서비스가 용이한 거점항만을 중심으로 물적 네트워크를 구축하여 다양한 물류활동을 전개하고 있다.

세계 주요 항만들은 인접 국가의 환적화물을 안정적으로 유치하고 거점항만으로 성장하기 위해 배후단지에 통관, 환적, 장기보관, 재포장, 집배송, 상표부착, 전시 기능을 갖는 복합물류센터를 구축하여 항만경쟁력을 강화하고 있다. 또한 기업의 국제 물류활동에 최적의 환경을 제공하고 국제적 분업 등의 합리화 요구에 항만이 적극적으로 부응할 수 있도록 경제자유구역을 배후단지에 유치하여 항만 기능을 보완하고 있다(하창승, 2009).

이것은 항만이 하역 중심의 단순한 물류 연결기능이나 기종점의 역할에서 벗어나 배후단지를 중심으로 복합물류 활동이 동시에 이루어지는 종합 물류서비스 공간으로 변해가고 있음을 보여주고 있다. 또한 지리적 접근성의 이점 등으로 부가가치 높은 경제활동이 항만을 중심으로 발생되어 제조기업과 물류기업들이 배후단지에 집중화되는 현상이 발생하고 항만에서 이적된 화물을 배후단지에서 단기보관하고 재분배하는 활동을 통해 수출입 및 환적화물의 수요가 지속적으로 창출되고 있다.

배후단지는 보관, 환적, 분류, 공동배송, 연계운송, CFS(Container Freight Station) 등의 보관배송 기능과 부품조립, 재포장, 판매, 수리, 해체, 단순조립, 장치관리 등의 유통가공 기능을 제공하며, 철도, 도로, 항공, 내륙수로 등을 포함하는 운송모드를 연결한다. 또한 화주와 운송인을 상호 연결하며 내륙물류의

발생을 최소화시켜 물류비 절감과 물류서비스 개선에 기여하고 있다.

부산항신항 배후단지(이하 배후단지)에 입주한 업체의 영업실적은 '09년 11월 누적기준 반입물동량은 1,621천톤으로, 전년대비 외국물품은 619% 증가한 420천톤, 내국물품은 107% 증가한 1,201천톤을 기록하였으며, 같은 기간 반출물동량은 외국물품이 1,051% 증가한 304천톤, 내국물품이 131% 증가한 1,141톤을 각각 기록한 것으로 나타났다(부산경남본부세관, 2010). 이와 같이 배후단지에 입주한 업체들의 최근 물동량은 급속하게 증가하고 있으며 특히 내국물품에 비해 외국물품 증가율이 폭발적으로 증가한 것은 배후단지 활성화에 따라 조립가공, 환적화물 유치 등 국제물류 활동을 활발하게 수행한 결과로 분석되며, 향후 배후단지의 추가 입주에 따라 처리 물동량은 더욱 증가될 것으로 보인다. 또한 배후단지의 지속적인 물동량 창출은 부산항이 동북아 중심항만으로의 위상을 확보하는데 주요 기반을 제공하게 될 것이다.

하지만 국내 운송시스템은 운영의 폐쇄성으로 화물의 장기체류, 중복배차, 공차운행 등을 초래하여 공차운행거리율이 49.2%에 달하고 상시적인 도시교통 체증이 전국적으로 발생하고 있다(국토해양부, 2009). 또한 배후단지의 연계운송은 대부분 화물자동차 운송에 의존하고 있으며 부산항신항의 경우 기존 임항도로의 차폭이 매우 좁고 신항 서측과 진례 IC를 잇는 배후도로의 준공이 계속 늦어져 배후단지의 입주가 완료되는 2015년 이후에는 교통량과 물동량의 급격한 증가가 예상된다. 향후 배후단지 물류업체들은 교통 혼잡과 정체로 높은 물류비용을 지불해야 함으로 이 문제의 해결 유무가 배후단지 물류업체들의 사업성패를 결정하는 중요한 요인이 될 것이다.

반면 화주기업들은 한정된 자원을 보다 효율적으로 분배하기 위해 핵심 분야의 활동은 전략적으로 집중시키고 주변 분야의 활동은 외주물류기업에게 위탁하는 물류 아웃소싱 전략을 기업 경영에 활용하고 있다. 이러한 물류 아웃소싱 전략은 자사의 역량과 외주물류기업의 역량이 연계되어 경영성과 전반에 시너지 효과를 극대화 할 수 있기 때문에 화주기업들을 중심으로 운송과 창고운영 등을 위탁하는 물류 아웃소싱의 활용에 관심을 증대시키고 있다. 물류 아웃소싱은 운영측면에서 물류 효율을 향상시킬 목적으로 화주기업이 외주물류기업에

게 공급체인상의 물류기능 일부를 위탁하는 물류활동으로 이 서비스를 활용할 경우 화주기업은 물류비용의 절감이 가능하고 고객서비스가 개선되며 핵심 사업에 대한 집중력 강화와 업무의 유연성 향상 등 기업 운영 전반에 걸쳐 효율이 개선되는 이점이 있다(김종철, 2003).

2008년 기업의 물류비 비중을 보면 운송비 52.7%, 보관 및 재고관리비 33.2%, 포장비 6.1%, 하역비 4.4%, 물류정보 관리비 2.2%, 유통가공비 1.4%로 나타나 전체 물류비 중에서 85.9%가 운송 및 보관비로 도로 및 창고에서 소모되고 있으며(국토해양부, 2009) 이 가운데 운송비의 비중이 더욱 높아 중소 화주기업에서는 운송 업무를 물류 아웃소싱의 주 대상으로 인식 하고 있다. 그러나 국내 외주물류기업들은 대부분 규모가 영세하고 지입제가 성행하여 단순 위탁서비스의 한계에서 벗어나지 못하고 있다.

2015년까지 물류기업들의 집중화가 계속되고 있는 부산항신항 배후단지의 경우, 동북아 물류 거점으로서의 역할을 증진하기 위해 지속적인 배후단지의 개발과 함께 물류업체들의 운영 효율화와 경쟁력 강화를 위한 노력이 필요하다. 특히, 중소규모의 물류업체들은 경영 합리화와 운송비 절감을 위해 물류 아웃소싱을 통한 운송 공동화 및 차량 공영제에 대한 정책적, 기술적 방안을 찾고 있다. 하지만 현재까지 배후단지 물류업체들의 차량 운영방식에 존재하는 비효율성을 해결하기 위한 시도나 깊이 있는 연구는 거의 없었다. 따라서 항만과 배후단지를 연계하는 운송과정에서 발생하는 불확실성을 반영하고 실시간 작업변경이 가능하고 공차운행을 최소화하며 최소 자원의 투입으로 최대의 적재 효율을 보장할 수 있는 방안에 대한 연구가 필요하다.

## 2. 연구의 목적

물류기업에서 수배송은 물류의 포괄적 기능을 담당하는 물류활동의 주요 구성 요소이며 수배송 계획은 수배송을 관리하기 위한 의사결정 과정으로 주어진 출하 및 이동계획에 따라 수배송 자원을 최적화하는 전략적 활동이다.

수배송 계획에는 수송수단, 수송업자, 수배송 경로를 선택하고 흐름을 관리하기 위해 방문해야 할 물류거점의 위치 및 수를 최적화하며 경로분석을 통해 수배송 비용을 평가하는 과정을 포함 한다. 비용 평가에는 투입되는 차량의 수, 경유노선, 교통량, 차량의 사용성, 수배송 물량, 지리적 위치, 출하, 환적 등의 제약조건을 고려한다. 이러한 수배송 계획과 비용 평가는 일정계획에 따른 운송수단의 생산성 및 효율성 확대를 목적으로 한다.

항만에서의 수배송 활동은 선박에서 양하된 수입화물이 배후단지의 물류센터로 이송되어 보관, 분류되고 인접 항만으로 환적 되거나 광역물류센터 및 내륙의 여러 유통창고로 재운송되는 과정을 포함하기 때문에 내륙수송 보다 고려할 요소가 많다. 특히 다양한 물류서비스를 제공하는 배후단지 물류업체의 셔틀운송(shuttle transportation)은 모회사의 화물을 주로 배송하거나 내륙의 물류거점을 중심으로 대량 화물을 수송하는 활동보다 생산, 유통, 소비를 연결하는 순환 및 공급사슬 구조에서 더욱 복잡한 물적 네트워크를 구성하게 된다. 이 과정에서 수배송 계획이 존재하지 않거나 계획이 효율적이지 못하다면 비생산적인 수배송 행위는 기하급수적으로 증가하게 되며 물적 네트워크는 보다 복잡해지고 더 많은 운영비용을 요구하게 된다.

효율적인 수배송 계획은 최초 공급지에서 최종 소비지까지 전 과정을 포함하는 통합물류 관점에서 관리되어야 하며, 특히 수배송 운행경로를 결정하는 경우 노선배정 및 차량 일정계획 등은 고객의 주문을 효과적으로 처리하면서 이용 가능한 차량과 인력의 활용도를 최대화해야 한다. 즉 하나 또는 그 이상의 방문노드에서 수화인에게 적절한 가격과 서비스를 제공하면서 총 수배송 거리는 단축시키며 적재운행율은 최대화하고 소요 수송차량의 대수는 최소화함으로써 제반 고정비 및 변동비를 최적화 하는 수배송 계획이 마련되어야 한다.

하지만 배차계획, 경로선택, 최적화 운영 및 작업방식과 관련된 기존연구들은 대부분 방문경로나 수·배송 시간을 최소화하기 위해 정적 작업계획을 적용하고 있다. 정적 작업계획은 실제 작업 계획에서 작업이 계획대로 진행되지 못하거나 예외적인 상황이 수·배송 과정 중에 발생하게 되면 효율성이 저하되거나 수·배송 행위 자체가 정지하게 된다.

현재 부산항신항과 배후단지 물류업체를 연계하는 셔틀운송에는 다음과 같은 문제점이 존재한다. 첫째, 배후단지 물류업체가 독자적으로 운송차량을 보유하고 운용함으로써 자원소모의 중복성이 있다. 둘째, 불규칙한 운송화물의 발생으로 화물운송에 매번 다른 차량이 투입되어 업체들이 특정 지역에 밀집되어 있는 단지의 지리적 효과를 충분히 활용하지 못하고 있다. 셋째, 출발지와 목적지 사이의 편도 화물운송은 공차운행 구간이 발생하여 공차운행률을 상승시키고 있다. 넷째, 도로에서 교통혼잡, 사고 또는 예기치 않은 상황 발생은 즉각적인 대처를 불가능하게 한다.

이러한 문제들을 해결하기 위해서는 가시성(visibility)을 기반으로 한 동적 작업계획을 마련하고 실시간 작업통제가 가능한 동적 라우팅(dynamic routing)을 구성해야 한다. 또한 자원소모의 중복성을 배제하고 집약된 배후단지의 지리적 여건을 활용한 운송체계를 정립해야 한다. 물류 아웃소싱을 이용한 운송 공동화를 통해 회차(turn back)하는 차량은 수요가 있는 인접지역으로 경유하게 하여 공차운행률을 최소화하고 운행 차량대수는 줄여야 한다. 또한 가변적이거나 예외적 상황에 즉각적으로 대처하기 위해 실시간 경로 지정이 가능한 작업운영 규칙을 설정할 필요가 있다.

따라서 본 연구는 다음과 같은 연구 목적과 과정을 갖는다. 첫째, 선행연구를 통해 배후단지 물류업체의 업무와 기존 수·배송 관리 시스템을 분석하고 동적 라우팅 시스템을 구성한다. 또한 다양한 가변성을 지닌 가상의 물적 네트워크를 설정하여 실시간 수·배송 계획, 실행지시, 실행통제 프로세스를 정립한다. 둘째, 최선의 동적계획을 구성하기 위해 휴리스틱 방법을 통해 작업 스케줄링과 실시간 작업규칙을 구성한다. 셋째, 수·배송 계획에 풀링(pooling)과 듀얼사이클링(dual cycling)을 적용하여 실제 셔틀운송에 소요된 자원의 감축효과와 효율

성을 시뮬레이션을 통해 실험한다. 이러한 목적 달성을 통해 배후단지 물류업체들을 위한 최적화된 화물운송시스템을 제시하고자 한다.





### 3. 연구의 구성

2장에서는 부산항신항 배후단지의 개념과 기능을 확인하고 배후단지와 물류 아웃소싱 및 물류 아웃소싱의 전략적 활용과 정보기술을 분석한다. 이를 위해 물류서비스의 효율화에 대한 선행 자료를 수집하고 물류 아웃소싱의 타당성을 조사한다. 또한 물류 아웃소싱과 항만경쟁력간의 관계를 통해 외주물류의 활용이 항만에 미치는 영향을 분석하고, 물류 아웃소싱과 정보기술의 관계를 통해 정보기술이 외주물류에 미치는 성과지표를 조사한다. 그리고 외주물류에서 동적 작업계획의 필요성을 제시한다.

3장에서는 위치기반의 라우팅시스템의 위치측위 기술과 라우팅시스템의 적용 사례를 검토한다. 위치기반의 라우팅시스템을 구현하기 위해 수·배송의 작업과정과 작업흐름을 분석하고 업무와 데이터의 흐름을 이해한다. 프로세스 모델링은 데이터 흐름을 바탕으로 산출물의 재사용과 확장성이 높은 객체지향 설계기법을 사용하여 프로세스를 설계한다. 데이터 모델링은 논리적 스키마의 분석을 통해 데이터 구조를 설계하고 입출력 자료 분석을 통해 시스템의 인터페이스를 설계한다.

4장에서는 작업 생산성의 차이로 인한 격차를 해소하고 혼잡한 작업 환경에서 셔틀차량의 동적 관리를 위한 작업규칙을 설계한다. 작업규칙에는 물류기업의 작업특성을 고려한 의사결정시점과 상황변수가 정의되고 작업 특성에 따른 작업 소요 시간의 차이와 불필요한 대기시간을 제거하기 위해 셔틀차량의 폴링과 듀얼사이클링의 동적 배정규칙을 포함한다.

5장에서는 배후단지 셔틀운송 계획에 폴링과 듀얼사이클링 운영규칙을 적용하여 시뮬레이션을 실시하고 성과 향상을 측정하기 위해 투입되는 운송차량, 적재비율 및 공차운행비율 등의 지표를 기준으로 규칙 적용 전후의 개선 효과를 실험한다.

6장에서는 본 연구의 의의와 시사점을 도출하고, 연구의 활용방안을 제안한다. 끝으로 본 연구의 한계점을 지적하고 향후 연구를 통해 수행되어야 할 과제를 제시한다.

## II. 이론적 고찰

### 1. 항만배후단지

#### 1.1 항만배후단지의 개념

항만은 단순히 하역을 수행하는 기능 이외에 해상과 육상을 연결하는 결절점으로 국가간 무역행위의 핵심요소로 부각되고 있다. 항만배후단지는 항만의 배후부지를 다목적으로 개발한 복합물류구역으로 배후도시의 상적 활동과 항만의 물적 활동을 연계하는 기능을 담당한다(Hayuth, 1987; Tan, 2007; Violeta et al., 2009). 국내 항만법에 따르면, 항만배후단지는 무역항의 항만구역 및 임항구역 내 지원시설과 항만친수시설을 집단적으로 육성 및 설치함으로써 항만의 부가가치 및 항만관련 산업 활동을 증진하고 항만이용자의 편의 향상에 기여하기 위해 항만배후단지 관련규정에 의해 지정되고 개발된 지역이다. UN(2005)은 항만배후단지의 개념을 항만공사의 관리 하에 항만의 범주 내 위치하여 다양한 비즈니스 활동을 제공함으로써 항만과 상호작용을 수행하는 것으로 규정하고 있다. 또한 항만배후단지를 자유무역지대(free trade zone)가운데 하나로 물류부지(logistics park)로서의 기능을 수행하는 항만의 필수요소로 보고 있다.

항만배후단지에 관한 대다수의 문헌은 Hayuth(1987)의 저서에 규정한 개념을 따르고 있다. Hayuth는 항만배후단지를 운송수단에 의해 항만과 연결되어 있고 항만을 통해 물품을 수취 또는 선적하기 위해 개발된 육상구역으로 정의하였다. 즉 항만배후단지를 항만에 속한 보조지역 또는 항만의 후면에 해당하는 지역으로 해당지역 내 다양한 활동지점을 항만과 연계시키는 기능지역으로 설명하였다. 또한 항만배후단지를 첫째, 항만을 경유하는 수출입, 환적 화물의 수요창출과 관련된 내륙 및 해외세력권을 포함한 일정영역으로 둘째, 항만활동을 위한 자본, 기술, 노동 등의 제공을 통해 생산 및 소비를 일으키는 항만도시영역으로 셋째, 항만활동의 집중과 분산이 행해지는 사회경제적 영역 등으로

그 개념을 구분하였다.

최근 항만배후단지의 개념 정립에 관한 다양한 논의와 함께 국내 고유의 개념 정립에 고려되어야 할 환경적 측면의 연구가 수행되고 있다(김정수·신계선, 2004; 최광수 등, 2005, Baldacchino, 2006; 이기환 등, 2008). 국내의 고유한 상황으로 급격한 경제성장에 따른 항만과 도시기능의 충돌, 항만공간과 도시공간의 기형적 배치, 남북대치에 따른 연안지역의 폐쇄성 및 기타 교통인프라에 상대적으로 후진적인 낙후성 등이 지적되었다(김정수·신계선, 2004). 기존 항만 도시들은 항만지원을 위한 체계적인 기능 및 공간이 부족한 상황이어서 항만지원을 위한 일부 도시기능이 포함된 복합적이고 축약된 단지계획지역으로 보아야 한다는 주장도 있다(이성우, 2002).

## 1.2 항만배후단지의 기능

기능적 측면에서 항만배후단지는 항만산업에 직접 또는 간접적 영향을 미칠 수 있는 기능시설들이 입지한 공간으로 지원 및 친수시설을 집단적으로 배치하며, 배후유통시설 보관, 판매, 전시시설, 조립가공 및 포장시설, 항만관련 업무시설, 후생복지 및 편의제공시설, 연구시설, 상업 및 업무지원시설 등을 유치한다(최광수 등, 2005). 대체로 항만배후단지의 주요 수행기능은 물류, 가공조립, 포장, 상업업무, 연구벤처, 항만친수 및 녹지기능 등으로 구분된다(박태원·최중희, 2001; 이성우, 2002; 길광수·박선현, 2003; 정봉현, 2005). 이들 기능을 수행하기 위해서는 물류 용지, 가공조립 용지, 항만친수 및 녹지 용지 등의 구역이 필요하다(김정수·신계선, 2004; 정봉현, 2005; 최광수 등, 2005).

물류 용지는 항만배후단지 내에서 핵심인 환적, 집·배송, 보관 등의 기능을 수행하는 장소로서 먼저, 환적 기능은 환적화물에 대해 임시보관 및 복합운송체계를 형성하는 기능을 수행하고, 집·배송 기능은 특정 화주를 대상으로 수출입 화물을 일정지역 내에서 산지로부터 집하 또는 최종 소비지에 배송하는 기능을 수행하며, 보관 기능은 불특정 화주를 대상으로 원재료 및 제품의 분류, 보관 및 일부 가공기능을 수행한다. 가공조립 용지는 생산자가 일괄적으로 생

산한 반제품을 수요자의 요구에 따라 조립 및 가공하는 제조기능의 수행 장소로 볼 수 있다.

배후단지의 기능에 관하여 Violeta 등(2009)은 컨테이너 항만과 배후단지를 연결하는 내륙 항만(dry port) 개념으로 설명하고 있는데, 전 세계적인 컨테이너 물동량 급증으로 발생지로부터 목적지까지 순차적인 화물 운송으로 규정되는 화물운송시스템에서의 노드를 주된 기능으로 규정하고 있다. 즉 공급망의 글로벌화에 따라 선사가 필요로 하는 통관, 포장 및 순차처리 등과 같은 부가가치 서비스 수행을 위해 차량 및 교통수단을 이용하여 혼재, 분류, 보관 및 환적 등의 활동을 제공하는 전략적 노드로 인식해 왔다(Notteboom and Winkelmanns, 2001; Robinson, 2002; Cheung et al., 2003). 여기에서 노드는 운송 특성에 따른 하역 또는 환적의 근원지로, 링크는 노드를 연결하는 운송 및 운송활동으로, 이 둘을 합쳐 운송네트워크로 규정하고 있다(Violeta et al, 2009).

Leveque와 Roso(2002)는 내륙 항만으로서의 배후단지를 높은 용량의 운송수단으로 항만과 육상을 직접 연결하는 일관수송 기능으로 규정하였고, Nottboom과 Rodrigue(2007)는 항만배후단지를 복잡한 공간 및 기능적 구조에 따라 거시경제적, 물리적 및 물류 등 3가지 기능을 수행하는 것으로 정의한 바 있다. 따라서 항만배후단지는 하역, 보관, 운송, 통관 등의 항만 기본 기능을 지원하면서 내륙 물류기지의 역할인 가공조립, 재분류, 유통 등의 부가가치 기능을 함께 제공하는 것으로 정리할 수 있다.

### 1.3 항만배후단지에 관한 선행연구

항만배후단지의 개념과 기능에서 배후단지가 항만의 중계성을 강화하고 부가가치를 창출하는 역할을 주도하고 있음을 확인하였다. 즉, 공급사슬에 연결된 기업들은 전략적 경영환경을 개선하기 위해 기업의 영역을 넘어 연결점인 항만을 중심으로 기능적 융합을 시도하고 공간적 통합을 추진하고 있다(이성우 등, 2007). 따라서 전략적 측면에서 항만배후단지의 발전방향에 관한 선행연구를

고찰할 필요가 있다.

기존의 항만배후단지와 관련한 경쟁력 제고에 관한 연구는 항만입지, 항만비용, 서비스수준, 항만시설, 물동량, 항만운영 및 정책 측면에서 주로 다루어왔다. 또한 싱가포르, 홍콩, 대만 등 항만과 배후단지의 연계가 중요한 지역에서 배후단지의 단계별 개발과 활성화 전략에 관한 연구들이 대부분이며, 항만과 산업간 밀착된 연계서비스를 통해 시너지 효과를 높이기 위한 거점화 전략을 일관되게 주장하고 있다(백종실, 1999; 박태원·최중희, 2001; 해양수산부, 2003; 정봉현, 2005; 황호만, 2006). 이들 선행연구는 <표 2-1>과 같이 항만배후단지 활성화에 필요한 주요 고려요인들을 중심으로 전략적 측면의 연구가 주를 이루고 있다.

그러나 일부 항만배후단지의 활성화 및 발전에 관한 기존 연구들은 물적 네트워크 및 정보화 요인을 고려하지 못하고 있다. 국토해양부(2009)가 추진하고 있는 지능형 항만물류시스템과 같이 화주기업, 운송기업, 선사, 컨테이너터미널, 세관 등을 연결하여 화물의 이송추적 및 실시간 정보를 한 눈에 파악할 수 있는 정보기술의 전략적 도구로서의 역할을 간과하고 있다. 최근 글로벌 기업들의 물류거점 선정에 있어서 위치, 물류체계, 시장규모 등의 외형적 요인 보다 중요한 요인으로 부각되고 있는 것이 물류정보시스템의 구축이다(우종균, 2002). 기존에 추진되어 온 항만의 정보화 및 지능화에 이어 그 영역이 국토 전반으로 확장되고 있는 추세를 감안하여 정보기술을 통한 배후단지와 항만간의 정보교환 및 이를 통한 효율성을 고려해야 할 시점에 와 있다.

<표 2-1> 전략적 측면에서 항만배후단지의 선행연구

| 연구자                 | 항만배후단지 고려요인   | 항만배후단지 전략   |
|---------------------|---|---|
| 백종실<br>(1999)       | 싱가포르, 홍콩, 대만 등에 비해 국제물류 거점화 비전제시 및 관련 산업 집적화 등 단계별 추진전략이 열세임  | 단계별 추진전략을 위한 개선과제 도출 및 정책 건의를 통해 물류거점화 정책의 지속적 추진             |
| 박태원<br>(2001)       | 항만배후공간의 효율적 이용에 따른 편익과 이익에 미치는 영향요인 분석                        | 항만배후단지 활성화를 위한 국내정책 변화 및 물류거점화의 필요성 제시                        |
| 한철환<br>(2002)       | 항만운영기조, 경쟁형태 변화, 글로벌 물류체계 대응, 커뮤니티 형성 등의 측면에서 항만클러스터의 필요성 고찰  | 항만 및 관련 산업간 시너지효과, 국내항만 경쟁력 제고, 동북아 물류중심화 선점 등을 위한 항만클러스터링 강조 |
| 한철환<br>(2003)       | 대련, 천진 등 북중국 항만분석을 통해 국내 항만의 환적화물 감소세 전망                      | 환적화물 감소에 대비한 항만배후단지 전략 수립의 시급성을 강조                            |
| 임종관<br>(2003)       | 국내 제조업체 중국투자동향 분석을 통한 중국의 해운항만발전 추세진단                         | 동북아 물류환경을 결정짓는 항만시설 및 서비스 질 향상을 위해 항만배후단지 전략수립의 필요성 강조        |
| 김형태<br>(2003)       | 중국과 국내 항만 및 배후단지 외국투자 유치정책 비교를 통해 항만시설 및 서비스, 배후단지 전략간 연관성 분석 | 적극적 인센티브, 투자절차 간소화, 배후지 대규모 클러스터 조성 등 체계적인 부지조성 전략의 필요성 주장    |
| 백종실<br>(2003)       | 중국항만 직기항 선박 증대에 따른 국내 항만의 환경적 위협요인 분석                         | 위험요인에 대한 대응방안으로 인프라 확충 및 배후단지 조기 활성화를 통한 부가가치 물류활동의 필요성 강조    |
| 해양수산부<br>(2003)     | 대형선사 중국 직기항, 중국항만의 배후단지 구축, 일본의 중추항만 개발 등 동북아 물류거점의 환경변화 분석   | 정부주도의 개발정책, 부가가치 창출형 물류서비스 거점화, 화물 창출형 기업유치 등 구체적 배후단지 전략 제시  |
| 이인수<br>(2004)       | 환적화물 감소세, 경쟁항만 발전가능성 분석을 통해 국내 항만현황 고찰                        | 다양한 부가서비스 제공 및 부가가치 창출형 항만배후단지 전략 제시                          |
| 정봉현<br>(2005)       | 항만배후단지 경쟁력과 복합운송체계의 중요성 고찰을 통해 광양항 배후단지의 문제점 분석               | 도로, 항만, 공항 등을 연결하는 복합운송체계 확립을 통한 광양항 배후단지 개발 및 물류거점화 전략 제시    |
| 황호만<br>(2006)       | 항만의 환경변화를 고려한 물류기지 전략의 필요성 분석                                 | 항만배후단지 물류기지화의 필요성 강조 및 군산항 배후단지 물류기지화 전략 제시                   |
| Tan<br>(2007)       | 항만도시 싱가포르의 특징 및 역사적 발전과정 고찰을 통한 배후단지의 중요성 분석                  | 싱가포르항과 켈커타항의 배후단지 기능을 중심으로 한 비교분석을 통해 글로벌 상업 네트워크 설계전략 제시     |
| KMI<br>(2007)       | 중국, 일본, 국내 경쟁우위산업 분석 및 동북아 국제 분업화 추세 고찰                       | 동북아 국제 분업화 추세에 따른 항만배후단지 기업유치 방안 제시                           |
| Violeta 등<br>(2009) | 컨테이너를 중심으로 한 항만의 기능과 배후단지의 기능 분할 분석                           | 컨테이너 항만과 항만배후단지를 연결하는 내륙 항만(dry port)의 기능전략 제시                |

## 2. 항만배후단지와 물류 아웃소싱

### 2.1 항만배후단지의 물류 아웃소싱 서비스

경제의 세계화로 글로벌 기업들은 경쟁력 강화를 위해 생산체계를 국제적으로 분업화시키고 있으며 생산체계의 분산은 외주물류 산업의 성장을 촉진하고 있다. 특히 세계 물동량의 30% 이상을 처리하는 동북아권역은 중국을 비롯하여 가장 급성장하는 물류의 전략적 요충지이다. 2006년 기준 포춘지 선정 세계 500대 기업가운데 470개 기업이 중국에 진출해 있으며 동북아가 세계의 시장으로 부각되고 있다(이명우 등, 2009). 동북아권역의 중심항만들은 항만의 중심성과 중계성을 강화하기 위해 항만배후단지를 경쟁적으로 개발하고 있으며 배후단지에 입주한 업체들은 핵심적인 물류관리를 제외하고는 대부분 물류 아웃소싱(outsourcing)에 의한 국제 분업화 전략을 수행하여 항만에서의 급격한 물동량 증가와 물류 아웃소싱 시장의 성장을 주도하고 있다.

Lieb(1993)은 물류 아웃소싱을 기업 내에서 기존에 수행하던 물류기능을 외주물류기업에 위탁하는 것이며 외주물류기업이 수행하는 물류기능은 전체 물류 프로세스 또는 선택된 일부 활동이 포함된다고 정의하였다. Jockel(1998)은 물류 아웃소싱을 공급사슬관리의 진전에 따라 공급사슬관리 관점에서 외주 가능한 물류기능 또는 외부에서 물류서비스를 패키지로 제공하는 것으로 정의하고 있다. 일본 국토교통성(1997)은 물류 아웃소싱을 화주에게 물류개선 방안을 제안하고 포괄적인 물류업무를 외부의 전문물류 기업에 위탁하는 행위로 정의하고 있으며, Industry Canada(2002)는 물류 아웃소싱을 고객의 니즈와 특성에 맞춤형된 종합 물류서비스를 제공하는 행위로 정의하였다.

현재 물류 아웃소싱은 제공서비스의 특성 및 계약, 공급사슬 상의 물류 프로세스나 역할 등의 측면을 고려하여 계약유통, 외주물류 등의 용어로 혼용되어 사용되고 있다(Bowersox, 1990; Lieb, 1992). 물류 아웃소싱은 운송이나 창고 등 개별적인 물류 활동이기 보다는 복수 또는 추가 서비스를 포함하는 개념이다(Leahy et al., 1995). 특히, 물류 외주부분의 선정 및 관계 수립, 평가 등은 물류 아웃소싱을 실현하는데 핵심 단계로 정의되는데, Lambert 등(1999)은 자산과

비용효율성 측면의 관계형성, 문화적 친화성 요인 촉진, 공동 계획 및 통제측면의 파트너쉽 구축, 향상된 고객서비스를 위한 협력의 성과 등을 물류 아웃소싱에서 가장 중요한 요인으로 보고 있다.

Oum 등(2004)은 물류 허브항만의 위상을 차지하기 위해서는 항만배후단지에서 물류 아웃소싱이 수송과 물류기반시설의 하드웨어적인 활용뿐만 아니라 세계수준의 물류외주업체의 서비스도 중요하다고 하였다. 최영봉 등(2009)은 로테르담, 제벨알리, 탄중펠레파스 등의 항만배후단지에 입주해 있는 대부분의 기업들은 다국적 물류기업들이며, 물류센터 및 보관창고를 활용하여 혼재, 분류, 재포장, 라벨링 등의 부가가치 기능을 수행하고 있기 때문에 부산신항 항만배후단지에도 이와 같은 세계적 추세를 감안하여 물류기업과 제조기업을 대상으로 아웃소싱 전략을 마련하는 것이 바람직하다고 하였다.

따라서 항만배후단지의 물류업체들은 항만의 기능 다양화와 부가가치 서비스의 제공으로 물류 효율성 향상 차원에서 물류 아웃소싱을 강화하고 있으며 물류공급사슬에 연결된 외주물류 전문기업들은 시장내 경쟁력 제고를 위해 기업의 영역을 뛰어넘어 결절점(node)인 항만을 중심으로 항만배후단지의 물류업체들과 물류의 기능적 통합을 시도하고 있다.



## 2.2 국내외 물류 아웃소싱의 시장 현황

동북아를 포함한 아시아 태평양 지역과 높은 부가가치를 창출하는 유럽 및 미국지역 등의 물류 아웃소싱 시장은 급격한 성장을 거듭하고 있다. Transport Intelligence(2006)에 따르면, 2004년 글로벌 물류 아웃소싱 시장규모가 약 1,060억 유로에서 2005년 1,169억 유로로 10.3% 확대된 것으로 나타났는데, 지역별로 유럽의 시장규모가 가장 큰 459.8억 유로로 전 세계 물류 아웃소싱 시장의 39.3%를 차지한 것으로 확인되었으며, 미국이 약 308.3억 유로로 세계 시장의 26.4%, 아시아 태평양 지역이 305.7억 유로로 그 뒤를 따랐다(이재원 등, 2008). 이들 조사에 의하면, 2005년 글로벌 물류시장 전체에서 아웃소싱이 차지하는 비중을 15.2%로 추정하고 있고, 유럽의 경우 전체 물류시장의



25.3%를 차지한 것으로 추정하고 있다.

한편, 아시아 태평양 지역의 경우 전체 물류시장의 9.3%만이 물류 아웃소싱이 차지하고 있는 것으로 조사되었는데, 이는 상대적으로 물류 아웃소싱 시장이 성숙되지 않았기 때문인 것으로 추정되고 있다. 그러나 향후 성장 가능성 면에서는 가장 큰 항만 물동량을 감안할 때 여타 지역에 비해 훨씬 강력한 잠재력을 가진 것으로 평가될 수 있다. <표 2-2>는 글로벌 물류 아웃소싱 시장 규모 및 전망에 관한 자료를 정리한 것이다.

<표 2-2> 글로벌 물류 아웃소싱 시장규모 및 전망

| 구분                 | 글로벌 시장  | 유럽     | 미국     | 아시아태평양 |
|--------------------|---------|--------|--------|--------|
| 2005년<br>(단위:백만유로) | 116,913 | 45,981 | 30,833 | 30,574 |
| 2009년<br>(단위:백만유로) | 195,361 | 65,944 | 58,195 | 58,195 |
| 성장률 (%)            | 67.1    | 43.4   | 71.9   | 90.3   |

※ 이재원 등의 Transport Intelligence, Global Contract Logistics 2006 자료 인용

유럽을 비롯한 해외 각 지역에 비해 국내 물류 아웃소싱 시장은 전반적인 물류산업의 성장에도 불구하고 상대적으로 활성화가 더딘 편이다. 한국무역협회에 따르면, 국내 화주기업의 물류 아웃소싱 이용 비중이 2007년을 기준으로 미국 또는 유럽에 비해 70~80%, 일본 또는 싱가포르에 비해 60% 선인 것으로 조사되었다(최영봉·이춘수, 2009). 그러나 우수한 인프라와 지속적인 정부의 종합물류기업 육성정책으로 인해 상대적으로 늦게 아웃소싱이 도입된 점을 감안하더라도 국내 물류 아웃소싱 시장은 확산 추세에 접어들고 있다.

<표 2-3>와 같이 국내 100여개 제조 및 유통기업을 대상으로 대한상공회의소(2005)가 수행한 조사에 따르면, 화주기업들의 물류비용 가운데 55.6%를 외주물류기업에 물류업무를 위탁하는데 지출한 것으로 나타났다. 또한 한국무역협회(2006)가 수출입 기업 312개를 대상으로 물류 아웃소싱 이용률에 관해

조사한 결과에 따르면 대상기업의 38.8%가 물류 아웃소싱을 이용하고 있고 물류시장의 전체 규모는 매년 지속적으로 증가하고 있다. 조사 결과가 조사를 수행한 주체에 따라 다소 상이한 결과를 보이고 있는데 이것은 조사 대상인 기업의 특성 및 서비스 범위 등의 차이에서 기인한 것으로 추정된다.

<표 2-3> 국내 물류 아웃소싱 시장규모 및 전망

| 구분   | 한국교통연구원  | 대한상공회의소  | 한국무역협회   | 한진물류연구원  |
|------|----------|----------|----------|----------|
| 조사연도 | 2003     | 2005     | 2006     | 2007     |
| 조사목적 | 외주물류 이용률 | 아웃소싱 이용률 | 외주물류 이용률 | 외주물류 이용률 |
| 조사결과 | 17~20%   | 55.6%    | 33.8%    | 3.8%     |

※ 이재원 등, 한국시스템다이내믹스연구, 9권1호,

특히, 제조업체들의 물류 아웃소싱이 확대되고 있는데, 이는 상대적으로 고정비 비율이 높은 물류시설 및 장치 등을 아웃소싱을 통해 외주물류기업에게 위탁함으로써 비용을 절감하고 기업의 내부 핵심역량에 집중할 수 있다는 점을 고려한 것이다. 이는 제조업체들의 역량과 국내 외주물류기업의 글로벌 경쟁력을 동반 상승시킬 수 있다는 점에서 긍정적으로 평가되고 있다.

### 2.3 물류 아웃소싱의 전략적 활용

물류 아웃소싱은 원격지에 위치하고 있는 비즈니스 프로세스 상의 개체들을 서로 유연하게 연계하는 역할을 수행할 수 있기 때문에 글로벌 공급사슬관리를 구축하고 있는 기업들은 대부분 물류업무를 아웃소싱을 이용하고 있다. 물류 아웃소싱은 공급사슬에 있어서 재화의 신속한 이동, 유연한 보관, 신뢰할 수 있는 납품 등이 가능하여 기업의 경쟁력, 유연성, 가치창출, 비용절감 등과 같은 전략적 측면에서 다음과 같은 효과를 갖는다.

첫째 경쟁력 측면은 기업내 자원을 핵심역량 부문에 집중하고 비효율적인 부

문이나 고비용 부문은 외주화 한다. 이렇게 하면 기업의 핵심부문의 업무는 더욱 전문화되고 전문화는 품질 향상과 연결되어 경쟁기업에 비해 품질과 가격에서 우위를 갖게 된다. 둘째, 유연성 측면은 아웃소싱은 기업의 다운사이징을 유도하여 매출저하 및 저성장과 같은 외부적 환경 변화에 유연한 대응이 가능하다. 셋째, 가치창출 측면은 기업의 비핵심적인 업무를 전문화된 외주기업에 위탁함으로써 전문화되고 질 높은 물류서비스를 제공받을 수 있게 되어 전사적 자원 관리에서 부가가치가 창출된다. 넷째, 비용절감 측면은 기업이 자체적으로 모든 업무를 처리하면 더 많은 노력과 비용이 필요하다. 즉, 외주물류기업에 물류 아웃소싱을 수행하면 총물류 비용을 절감할 수 있다.

배후단지에서 물류 아웃소싱을 이용하는 전략적 활용 사례로써 싱가포르가 있다. 싱가포르는 효과적인 공급사슬 구축을 위해 창이공항과 항만을 연계하는 수송망을 정비하고 보다 질 높은 수준의 물류서비스 제공하여 전 세계 3,000개 이상의 글로벌 물류기업을 유치하고 있다(Zhu et al., 2002; Tan, 2007). 또한 싱가포르는 물류관리의 중심점 및 국제적 연결점이라는 운영상의 효율성을 이용하여 최상의 배송기능을 제공할 수 있는 Distriparks를 조성하고 있다.

Distriparks는 배후단지에 녹지공원과 같은 친환경 그린이미지와 운영상의 효율성을 강조하며 화물의 임시 보관소, 화물 집산, 재배송, 샘플링, 바코드 부착, 재고관리 및 제품 맞춤화 등에 이르는 종합물류서비스의 많은 부분을 아웃소싱을 통해 제공하고 있다. 글로벌 전문물류기업의 경쟁적 유치와 물류 아웃소싱의 전략적 활용은 싱가포르의 협소한 국토를 효율적으로 활용하고 부족한 인력을 적절히 보충하며 운영비용을 크게 절감하고 있다.

이러한 측면에서 지리적으로 중국과 일본을 인접국가로 둔 부산항은 물류 아웃소싱을 전략적으로 활용한다면 동북아 중심항만과 배후단지의 잠재적 성장 기회를 확보한 대표적인 물류 거점이 될 수이다. 따라서 부산항 배후단지의 운영과 수·배송에도 상대적으로 물류 공동화가 가능한 부분은 과감히 아웃소싱을 수행하고 물류기능을 전략적으로 집중과 분산시키는 방안을 검토할 필요가 있다.

### 3. 물류 아웃소싱의 전략적 활용과 정보기술

#### 3.1 물류 아웃소싱과 항만경쟁력간의 관계

국내의 경우 항만 배후단지의 전략적 구축과 활용방안에 관하여 다각적인 연구가 수행되어 왔다(윤병구 등, 2005; 정봉현, 2005; 최광수 등, 2005; 황호만, 2006; 이기환 등, 2008; 최영봉·이춘수, 2009). 이들 연구는 공통적으로 물류 아웃소싱의 기능 강화 및 적극적인 도입을 통해 배후단지의 전략적 활용을 중요시하고 있으며, 배후단지 활성화와 항만의 경쟁력이 직결되어 있음을 강조하고 있다. 기존의 배후단지 활성화 및 항만경쟁력 관련연구를 정리하면 다음 <표 2-4>와 같다.

<표 2-4> 배후단지 활성화 및 항만 경쟁력 관련 연구

| 연구자                       | 연구대상             | 주요 경쟁요인   |
|---------------------------|------------------|---|
| Willingale<br>(1982)      | 유럽선사             | 사전적 방법-시장위치<br>사후적 방법-항만배후지 접근성                       |
| Slack<br>(1985)           | 북미화주             | 항만비용-내륙수송비, 항만비<br>항만서비스 질-서비스 신속성, 내륙연계수송            |
| Brud & Daley<br>(1986)    | 화주운송인            | 요율, 하역시설, 고객요구 응답, 화물손실, 운송시간 효율성, 선적정보               |
| Fleming<br>(1989)         | 북미항만             | 항해거리, 배후 철도수송서비스, 항만배후지역 물동량                          |
| UNCTAD<br>(1992)          | 세계주요항만           | 지리적 위치, 배후연계수송, 항만서비스 비용<br>항만서비스 이용가능성               |
| 김학소<br>(1993)             | 국내항만             | 항만체선시간, 내륙수송비, 선적기간, 수송거리, 연간반송량                      |
| Fleming & Hayth<br>(1994) | 북미항만/<br>세계20대항만 | 항만의 중심성-내륙시장, 물동량<br>항만의 중계성-물류수송체계, 물류수송망            |
| Murphy & Daley<br>(1994)  | 선사, 화주,<br>포워더   | 정비비용 가능성, 선적정보, 처리능률, 화물손실, 사고처리능력, 처리효율, 편리한 배송,     |
| 백종실<br>(1999)             | 아시아 주요항만         | 지정학적 위치, 시장 접근성, 기반시설, 전문인력, 네트워크 구축, 집중화 가능성, 노동여건 등 |
| Tongzon<br>(2001)         | 선사               | 항만효율성, 선박의 빈도수, 항만시설, 항만위치, 항만비용, 고객신속대응, 화물손상가능성     |

이들 연구에서 지적인 바와 같이, 기항지 항만이 되기 위한 여러 가지 요인 가운데 해상과 육상을 연결하는 인프라, 효율성 측면에서 배후단지의 역할, 항만 배후단지의 기능을 고부가가치형으로 육성하는 것이 중요하다(한철환·우종균, 2004; 정봉현, 2005; 최영봉·이춘수, 2009). 부산항신항의 경우 현재 9개의 물류 전문업체가 배후단지에 입주한 상태이며, 향후 추가로 십여개 물류업체가 입주할 예정이며 이들 업체는 대부분 물류 아웃소싱이 필요할 것으로 보인다. 이는 부산항신항과 배후단지의 지리적 연계성을 확보해 물류 아웃소싱을 통해 항만이용과 내륙수송을 효율화하여 비용을 절감하겠다는 기업들의 전략적 선택으로 보아야 한다.

배후단지 물류업체가 물류 아웃소싱을 필요에 따라 원활하게 활용하기 위해서는 인프라와 지원체제가 필요하다. 모든 물류활동과 마찬가지로 물류주체간의 원만한 커뮤니케이션과 효과적인 정보교환이 필요한데, 이를 위해서는 정보기술의 활용이 필수적이다. 글로벌 기업의 물류거점 선정에 있어 가장 중요한 요인 중 하나가 물류정보시스템을 구현하고 이용하는 것이다(우종균, 2002; 정봉현, 2005). 따라서 배후단지의 물류업체들의 물류 아웃소싱의 성패는 원활한 정보교환을 통해 물류 프로세스를 최적화하고 비용을 최소화하는 노력에 달려 있다.



### 3.2 물류 아웃소싱과 정보기술과의 관계

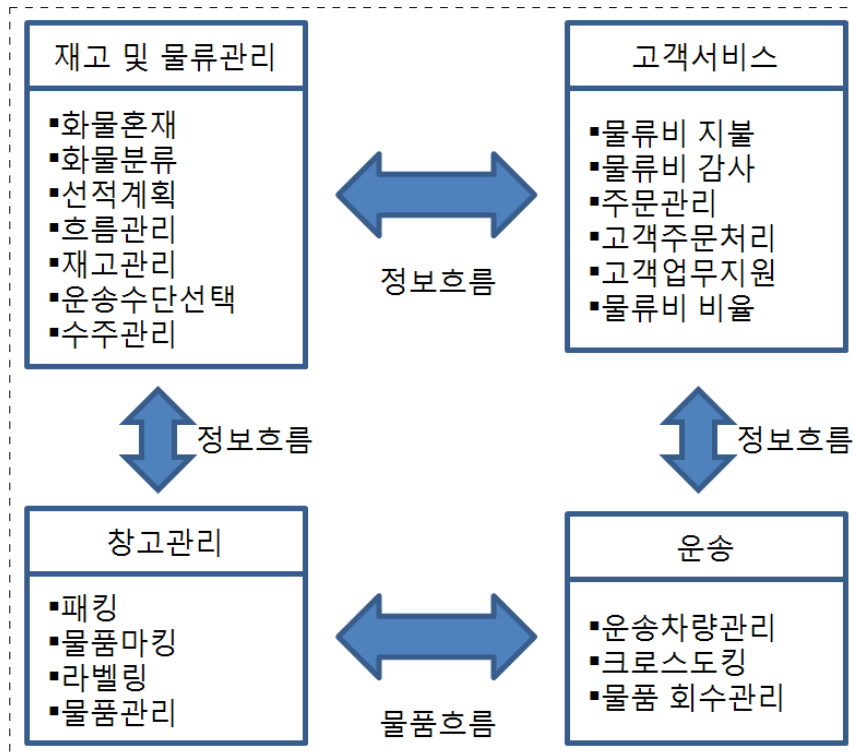
외주물류기업의 정보기술 도입은 공급사슬에 참여하는 모든 기업들에게 끊어짐 없는(seamless) 정보 인프라를 제공하기 위해 필요하다. 1990년대 초반 포춘지 500대 기업을 대상으로 수행한 설문조사에서 60% 이상의 기업들이 적어도 한 개 이상의 물류서비스 업체와 계약을 맺고 있음이 확인된 바 있다(Aertsen, 1993). 이들 기업이 외주물류기업과 계약을 통해 요구하는 주요 기능들은 운송, 보관, 혼재, 포장, 재고관리, 운송관리, 크로스도킹, 제품회수, 주문관리 등과 함께 물류정보시스템의 이용이 포함되어 있다(Sink & Langley, 1997; Rabinovich et al., 1999). 특히, 외주물류업체와 화주들을 연결하는 물류정보시스템은 물류

서비스의 필수요소로 간주되어 왔다(Lewis & Talalayevsky, 2000).

물류 정보기술은 제조업체, 운송업체, 하역업체, 창고업체 등 공급사슬에 참여하는 주체들을 연결하는 인프라를 통해 주문처리, 주문조회, 재고관리, 선적 추적 등의 물류 프로세스의 자동화에 기여해 왔다. 국내에서도 정부 주도로 항만의 각 기능을 수행하는 주체들 간에 정보 교환 및 통합이 추진되고 있으며, 민간 종합물류기업을 중심으로 화물의 집하 및 배송과 이동과정에서 발생하는 정보를 통합하여 관리하는 물류정보시스템의 구축에 대규모 투자를 하고 있다(박종홍, 2006; 박찬석, 2006).

화주가 원하는 화물의 이동정보에 정보기술의 초점이 맞춰지고 있는 최근의 추세에 대응하여 물류 아웃소싱을 제공하기 위해서는 공급사슬 주체들 간의 실시간 정보 흐름을 통합하는 과정이 필수적이다(Ganesh, 2005). 특히, 외주물류기업의 경우 정보기술을 통해 동적인 작업변경 지시를 제공함으로써 적합한 보관지점을 변경할 수 있고, 최적의 운송경로를 재설정할 수 있으며, 고객의 요구에 적절한 수준의 서비스를 제공할 수 있다. <그림 2-1>은 정보기술을 통해 공급사슬에 참여하는 주체들 간의 정보 흐름과 재화 흐름을 통합한 프로세스를 나타낸 것이다.





<그림 2-1> 물류 아웃소싱과 정보 흐름의 관계

대체로 이들 공급사슬관리를 위한 정보시스템은 동적인 자재관리, 재고통제, 물류관리, 운송관리, 지능형 의사결정을 지원한다. 나아가 전자문서교환과 유관 네트워크를 통해 고객과의 정보교환을 통합하여 전체 물류 프로세스의 성과를 개선한다(Ganesh, 2005). 따라서 정보기술을 비롯한 품질, 비용, 서비스, 성과, 보완적 자산 등의 요인이 궁극적인 물류 아웃소싱 서비스를 결정하는 기준이 된다(Sink & Langley, 1997; Menon, et al., 1998; Ganesh, 2005). 이와 같이 정보기술 도입을 통한 물류품질 개선효과를 측정하기 위해 정보기술, 성능, 비용, 서비스, 무형자산 등을 기준으로 주요 성과요인들을 평가기준으로 제시한 Ganesh(2005)의 연구결과를 정리해 보면 <표 2-5>와 같다.

<표 2-5> 정보기술을 통한 물류품질 성과지표

| 정보기술(IT)  | 비용   |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>* 고객까지 도착 예정 간격에 발생하는 운송 데이터</li> <li>* 실시간 운송 데이터</li> <li>* 창고 위치와 데이터 센터간 연계성</li> <li>* 데이터 암호화</li> <li>* 전체 선적, 목적지, 집하, 주기 집계 등에 관한 자동화된 데이터 수집</li> <li>* 기존 고객의 데이터 전송 정확성</li> <li>* 단순파일 전송 및 XML 전송, 표준 활용 등에서 발생한 데이터의 유효성 및 근거</li> <li>* 고객 데이터 유지에 필요한 데이터 보안</li> <li>* 보안 유지 및 애플리케이션 프로그램 접근에 필요한 애플리케이션 보안</li> <li>* 침입 차단을 위한 네트워크 보안</li> <li>* 시스템, 네트워크, 데이터센터 가용성 및 호환성 분석</li> <li>* IT 인프라 가용성 및 호환성 분석</li> <li>* 시스템의 잉여분, 감축 및 가용성</li> <li>* FTP, VPN, Extra-net 시스템</li> <li>* 데이터 무결성 및 신뢰성</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>* 창고비용</li> <li>* 효과적인 정보흐름을 위한 IT서비스비용</li> <li>* 운송비용</li> <li>* 물류, 공급망 및 재고관리 비용</li> </ul>   |
|   | 품질   |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>* 창고관리 요구사항에 따른 FAA/FDA 또는 기타 협정</li> <li>* 단위취급, 보관 및 저장을 위한 ISO 절차</li> <li>* 집하, 포장 및 선적시설과 품질요구사항을 위한 ISO 절차</li> <li>* 배송에 관한 ISO 절차</li> <li>* 6시그마 및 지속적 개선을 위한 의무</li> <li>* ISO에 규정된 품질이력의 식별, 교정, 색인, 접근, 기록철, 보관, 유지</li> <li>* 시설, 인력 배치 및 훈련 절차</li> </ul> |
|   | 서비스  |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>* 물리적 창고관리 서비스</li> <li>* 창고의 보안 서비스</li> <li>* 창고 모니터링/추적</li> <li>* 기록상 배송 및 역 물류 취급</li> <li>* 기록상 주문관리 매트릭스</li> <li>* 기록상 운송관리 매트릭스</li> <li>* 고객지원서비스</li> <li>* 기록상 보증요구해소에 소요된 평균시간</li> <li>* 월별 요약보고서</li> <li>* 기록상 재고관리 매트릭스</li> </ul>                     |
| 성능  | 무형   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>* 기록상 적시 배송일정 및 편차</li> <li>* 기록상 재고적재율</li> <li>* 기록상 평균 진부화율</li> <li>* 기록상 연간 예측오류</li> <li>* 기록상 평균 리드타임</li> <li>* 기록상 과거 선적오류</li> <li>* 기록상 생산성 매트릭스</li> <li>* 기록상 배송회전시간</li> <li>* 기록상 월별 단위배송 품질</li> <li>* 기록상 배송 지연/분실</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>* 재무 안정성</li> <li>* 높은 수익성</li> <li>* 유사 기업과의 경험</li> <li>* 글로벌 범위</li> </ul>   |



### 3.3 정보기술의 전략적 활용사례

전자태그(Radio Frequency Identification: RFID)는 기존의 바코드 기술을 대체하거나 보완하기 위한 최신기술로 제품의 식별, 추적, 이력 등을 자동으로 수행할 수 있다(Asif and Mandviwalla, 2005). RFID를 사용하면 제품을 식별하는 과정에 지적인 기능을 부가하고 인간의 간섭을 최소화 할 수 있으며, 바코드와 비교하여 적재 가능한 데이터 용량이 월등히 크다. 대상물체가 눈에 보이지 않게 감춰져 있더라도 감지가 가능하다는 점도 RFID 기술이 갖는 장점이다.

RFID의 기본적인 동작원리는 태그의 안테나와 리더의 안테나가 무선통신을 통해 데이터를 주고받는 행위를 수행한다. 태그에는 내장된 안테나가 리더로부터 전파를 수신한 다음, 태그에 저장된 칩이 기동하여 저장되어 있던 정보를 신호화하여 다시 신호를 발신하는데, 리더는 태그에서 발송된 신호를 안테나를 통해 수신하여 서버로 전달한다(유승화, 2005).

이러한 자동인식기술을 통해 운송중인 화물의 추적 및 모니터링을 위해 개발되어 산업에 적용되고 있는 기술이 실시간위치시스템(Real Time Location System: RTLS)이다. 실시간위치시스템은 자산 또는 개인의 위치를 지속적으로 감시하는 자동화된 시스템으로 RFID 또는 CLS(Cellular Locating System) 등의 기술을 사용한다(Tim, 2004; Kim, 2006; Park et al., 2006). 특히, RFID 기술은 실시간위치시스템을 지원하는 다양한 기술 가운데 가장 보편적으로 사용하고 있는 위치인식기술이다(정승희 등, 2006; Torchia, 2006; Treilcock, 2006). RFID 기술은 비용, 표준, 상호 운용성 등 초창기 기술도입에 따르는 위험에도 다양한 모델을 통해 그 타당성이 입증되고 있으며, 물류 공급사슬 관리에 RFID 기술이 급속히 확산되고 있다(Asif and Mandviwalla, 2005).

컨테이너 또는 운송차량에 RFID 기술을 적용하여 공급 사슬에 참여하는 화주, 운송사, 컨테이너터미널, 선사들에게 컨테이너의 이동경로 및 위치 정보를 가시적으로 제공할 수 있기 때문 RFID 기술의 잠재성은 다른 산업에서보다 항만물류산업에서 크게 부각되고 있다(Lee, 2004b, IDTechEx, 2005). 또한 미

국방성의 TAV(Total Asset Visibility)와 국토해양부의 항만물류 효율화 사업을 통해 RFID가 물류 공급사슬에서 가시성, 유연성, 안전성, 추적 가능성 등을 개선시켰다(Cargo Handling Technologies Final Report, 2000; 해양수산부, 2005).

Lee(2004)가 세계 항만물류 선도기업 8개의 실무진을 대상으로 수행한 항만물류 공급사슬 개선에 관한 조사결과 운송시간 지연, 컨테이너의 이동 정보 추적, 화물상태에 관한 가시성이 부족한 것으로 나타났다. 이 문제의 해결책에 대한 대답에는 실시간위치시스템이 도입 되면 문제점의 상당 부분을 없앨 수 있다고 응답한 기업들이 대부분이었다.

국내 12개 선사를 대상으로 수행된 Lee 등(2006)의 연구에서도 항만물류 공급 사슬을 저해하는 문제점으로 컨테이너의 위치와 화물의 가시성에 관한 정보 부족이 지적되었다. 특히, 선사가 실시간 위치추적 기술을 도입할 경우에 가장 우선적으로 적용해야 할 부분으로 이동경로의 가시성 및 컨테이너에 관한 실시간 정보의 제공이었다. 이러한 결과는 화주와 마찬가지로 선사들도 위치추적을 통해 항만물류 공급 사슬에 참여하는 주체들이 가진 공통의 문제점을 극복할 수 있을 것으로 기대하고 있음을 시사한다(이석용, 2007).

Park 등(2006)은 실시간위치시스템의 구현을 통한 컨테이너터미널 운영시스템 개선에 관한 연구에서 ISO/IEC 18000-7의 아직 정의되지 않은 N 바이트에 추가할 정보로 컨테이너의 목적지, 규격, 무게, 위험물 등을 제안하고 운영시스템의 개선효과를 시뮬레이션을 통해 측정한 바 있다.

항만물류에 정보기술을 포함한 새로운 기술의 도입으로 예상되는 기대효과로는 성능, 신뢰성, 안전성 등의 향상을 들고 있다(Frankel, 2005). 성능은 유용성, 효과성, 비용 등을 의미하고 신뢰성은 최대한 가용시간을 보장받는 것을 의미하며 안전성은 발생 가능한 피해로부터 사용자, 운영자 그리고 환경을 보호하는 것을 의미한다. 또한 실시간위치시스템을 항만에 적용한 효과는 이미 도입되어 운영되고 있는 위치추적기술 관련사례를 통해 확인되고 있다.

미국 스탠포드대학교 Global SCM Forum은 RFID를 도입한 SST(Smart and Secure Trade-lane) 도입에 관한 연구를 통해 화물 보안과 물류 효율성 간의

연관성을 입증한 바 있으며, 컨테이너 개당 378달러에서 462달러의 경제적 이익이 창출되었다고 보고하였다(Lee, 2004b). 또한 SST가 지향하는 안전한 공급 사슬관리를 위한 자동인식기술로서 RFID 도입의 타당성을 확인하였다.

정보통신산업진흥원 부설 RFID/USB센터가 한국 RFID/USN협회를 통해 조사한 국내 산업실태조사에 따르면, 2009년도 RFID 관련 사업 총매출은 2008년보다 56.1% 증가한 약 3,965억원으로 나타났다. 올해에는 전년 대비 65.1% 증가한 약 6,546억원으로 높은 성장세를 보일 것으로 전망됐다. 이 조사결과에 의하면, RFID 시장규모가 시간이 흐를수록 성장이 가속화되어 점차 커질 것으로 예상되었는데, 전반적으로 RFID 전문기업보다는 RFID/USN 전문기업이 시장성장 전망에 관한 긍정적인 답변을 내놓았다.

국토해양부(2010)는 2009년 부산항 대한통운부산컨테이너터미널 등 2개소에 이어 4월부터 자성대 및 우암컨테이너터미널에 총 18.4억원을 투입해 구축한 지능형 항만자동화시스템이 본격 운영에 들어간다고 밝힌 바 있다. 지능형 항만자동화시스템은 RFID, GPS(Global Positioning System), USN(Ubiquitous Sensor Network) 등 첨단 정보통신기술들이 융합된 최첨단시스템으로 실시간 장치장 트랙터 멀티사이클링시스템, 게이트 반·출입 자동화시스템, 위험물 감시 시스템을 포함한다. 지능형 항만자동화시스템 구축을 통해 컨테이너크레인별 시간당 처리량이 16.4% 증가하였고, 장치장트랙터 운행거리가 24.8% 감소하였으며, 유류소모 감소를 감안할 경우 탄소발생이 20.6%나 감소하는 것으로 나타났다(RFID Journal Korea, 2010).

하지만 본 연구는 항만이나 컨테이너터미널과 같이 한정된 영역에서 벗어나 광역의 항만과 배후단지를 연계한 지역을 대상으로 한다. 따라서 RFID 기술을 포함하면서 실시간위치시스템을 보다 확장하여 적용할 수 있는 위치기반서비스(Location Based Service: LBS) 기술에 초점을 둔다.

#### 4. 동적 작업계획의 필요성

동적 작업계획(dynamic planning)은 주로 유기적인 관계를 가진 자원 상호간의 최적할당을 필요로 할 경우에 적합한 해법과 절차를 제공하는 동적 프로그래밍 또는 시간의 흐름에 따라 변하는 현실의 환경을 다양한 변수를 통해 반영하는데 사용하는 휴리스틱과 매우 유사한 방법이다.

동적 작업계획에 관한 연구로 Ozden(1987)은 심플렉스 해법과 동적 계획에 바탕을 둔 귀납적 방정식(recursive equation)을 적용하여 시간에 따라 변화하는 환경을 감안한 단계별 해법을 제시하고자 수리적 모델링을 수행한 바 있으며, Savelsbergh와 Sol(1998)의 경우 방대한 변수를 고려한 휴리스틱 접근을 통해 운송장비의 최적배치와 할당에 관한 사례연구를 수행하였다. Li 등(2006)은 급속하게 부패가 진행되는 식품의 최적화된 공급사슬관리를 위해 RFID를 적용하여 공급사슬의 비용을 최소화하고 최적화된 공급계획을 설계하는 휴리스틱 접근을 시도한 바 있다. Lee와 Cho(2007)는 컨테이너터미널의 이송장비인 야드 트랙터(Yard Tractor: YT)에 RFID를 부착하여 듀얼사이클링을 통해 최소비용으로 최대의 효율성을 발휘하는 시스템을 소개한 바 있다.

부산항신항과 같은 컨테이너터미널의 경우 급진적인 변화와 불확실한 환경으로 인해 작업의 즉각적인 재조정이 불가피한 경우가 빈번하게 발생한다(Vis and Harika, 2004). 특히, 외주물류기업을 통해 많은 물류업체의 화물을 항만과 연계하여 서틀운송을 하는 경우 도로의 교통 조건, 물량의 갑작스런 증가, 수작업에 의한 처리시간 변동 등 다수의 확률적인 요소가 작용한다. 일반적으로 사전에 정립된 작업계획은 배치 또는 할당문제에 있어서 사전에 예측된 사건에 대해서만 즉각적인 대응을 할 수 있다(Grunow et al., 2004). 따라서 각기 다른 유형의 사건이 결합하여 발생할 수 있는 문제의 복잡성은 증가할 수밖에 없으며, 복잡하고 현실적인 문제들을 풀어가기 위해서는 실시간 대응이 가능한 동적 라우팅시스템이 필요하다(Kim et al., 2004; Grunow et al., 2004; 정봉현, 2005).

### III. LBS 기반 라우팅시스템 구현

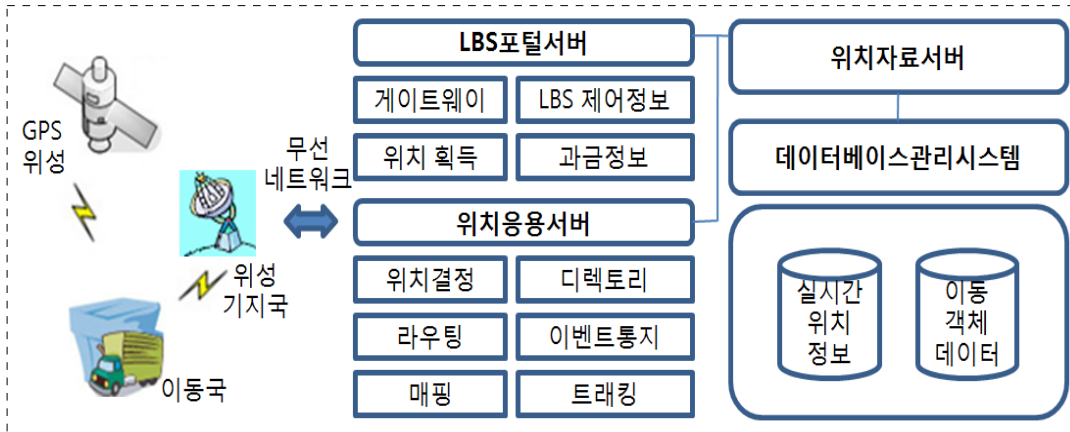
#### 1. LBS 기반 라우팅시스템

##### 1.1 LBS 개요

위치기반서비스는 이동통신망이나 위성항법장치(Global Positioning System: GPS) 등을 통해 얻은 위치정보를 이용하여 사용자에게 위치와 관련한 정보를 제공하여 부가가치를 창출하는 서비스 방식으로 일정 범위로 제한된 실시간 위치시스템보다 광역의 범위를 대상으로 제공되는 기술이다. LBS의 본격적인 적용을 위해서는 사용자의 위치를 측정하는 측위기술 가운데 하나인 위치확인기술(Location Detection Technology: LDT)을 사용하며 이동통신망을 이용하는 셀(cell) 방식과 위성항법장치를 활용한 GPS 방식으로 구분된다.

셀 방식은 중계기를 이용하기 때문에 건물 안이나 지하에서도 위치를 찾을 수 있으며 소형단말기 체제에서 운영이 원활한 이점이 있지만 위경도 좌표가 아닌, 지역 구분만을 확인할 수 있으므로 정확도가 낮고 오차 범위가 수 킬로미터(km)까지 발생하여 정확한 위치를 구하기 어렵다. GPS 방식은 위성에서 보내는 신호를 단말기에 내장된 칩에서 읽어 기지국에 알려주는 방식으로 위치의 오차 범위가 수십 미터(m)내로 한정되어 셀 방식보다 정확한 위치를 구할 수 있다. 그러나 위성 신호의 특성으로 반사, 굴절이 잘 되는 고층 건물이나 실내에서는 거의 사용이 불가능하고 단말기의 저전력 전원문제, 위밍업 및 낮은 계산 성능으로 위성신호의 수신과 좌표 계산 기능을 직접 수행하는 데는 어려움이 있다.

LBS의 작동 원리는 <그림 3-1>과 같이 이동국의 현재 위치를 GPS 위성으로 파악하고, 기지국과 무선 네트워크로 통신하여 해당 정보를 LBS 포털서버로 전송하면 위치자료서버의 데이터베이스관리시스템으로부터 해당 이동국의 관련정보를 조회하여 위치응용서버를 통해 서비스를 제공하는 구조로 되어 있다.



<그림 3-1> LBS의 기본 개념

LBS의 기술 요소는 위치측위기술(Location Determination Technology: LDT), 위치처리플랫폼(Location Enabled Platform: LEP), 위치응용프로그램(Location Application Program: LAP)으로 구성되며(김옥남 등, 2002) 위치측위 기술의 세부 내역은 다음과 같다.

### 1) 이동통신망에 의한 측위 기술

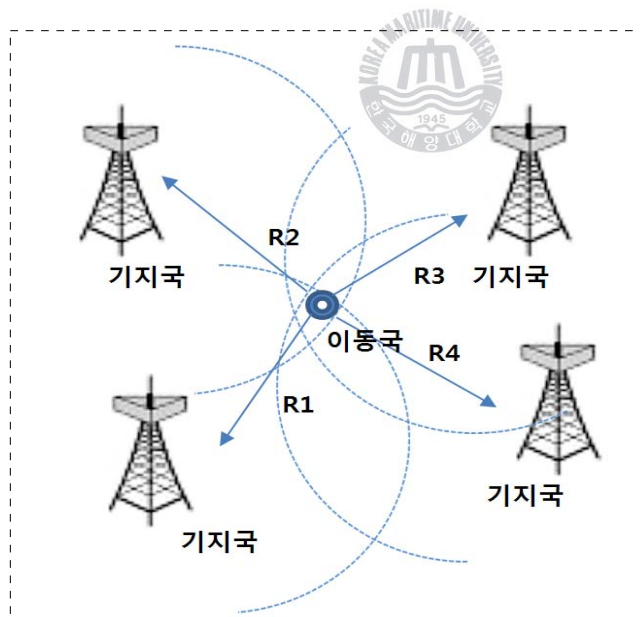
이동통신망에 의한 측위 기술은 CDMA(Code Division Multiple Access) 무선이동 통신망을 이용한 측위 기술로 확산대역기술을 이용한 디지털 방식이다. 이 기술은 시간과 주파수를 공유하면서 신호를 송수신하기 때문에 아날로그 방식보다 처리 용량이 크고 기지국에서 GPS의 시간과 위치 정보를 사용하는 동기식과 기지국에서 GPS를 사용하지 않는 비동기식으로 구분된다.

이동통신망은 기지국의 출력이 다른 무선통신보다 상대적으로 낮으므로 특정 기지국에서 사용한 주파수를 다른 기지국에서 재사용 할 수 있다. 주파수의 재사용은 주파수율이 높을수록 핸드오프(hand off)<sup>1)</sup> 과정이 증가하여 통화 품질이 떨어지지만 더 많은 가입자를 수용할 수 있다. 현재까지 CDMA 무선이동통신망을 이용하는 무선측위기술은 위치측정방법에 따라 다음과 같이 분류된다.

1) 특정 기지국과 통화하고 있는 단말기가 그 기지국에서 신호(전파세기)가 약해질 경우 인접 기지국으로 이동하는것

### (1) 신호세기(signal strength)에 의한 위치측정

신호세기(signal strength)에 의한 위치측정은 RSSI(Received Signal Strength Indication)라고도 하며 <그림 3-2>와 같이 기지국에서 이동국으로 보낸 신호를 수신하여 신호의 세기를 통계적인 확률분포와 대조하여 위치를 측정하는 네트워크 기반의 측위 기술이다. 이동통신에서 기지국의 위치는 고정되어 있기 때문에 기지국에서 이동국까지의 거리가 측정되면 이동국의 위치를 확인할 수 있기 때문에 이동국이 속한 기지국의 서비스 셀 ID를 통해 별도의 단말기 및 네트워크의 변경 없이 신호의 세기만으로 기지국의 방향과 거리를 측정한다. 이 방법은 셀 반경의 크기에 따라 위치 정보의 정확도가 큰 편차를 보이는 단점은 있지만 장치의 구조가 간단하고 기존의 근거리 무선 통신 기술들을 그대로 이용할 수 있기 때문에 위치 추적 분야에서 광범위하게 사용되고 있다. 또한 신호의 송출방법은 기지국이 신호를 발신하고 이동국이 신호를 수신하는 방식과 이동국이 신호를 발신하고 기지국이 신호를 수신하여 위치를 계산하는 방식이 있으며 신호의 송출방법에 따라 시스템의 구성이 달라진다(정경권 등, 2008).

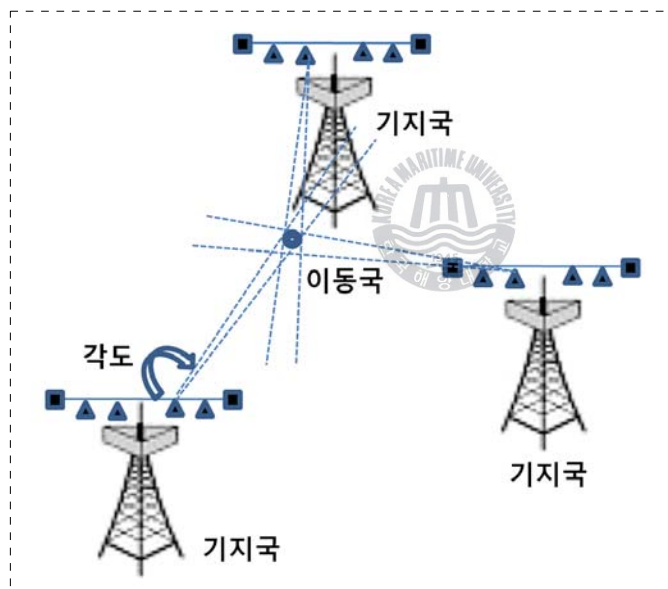


<그림 3-2> 신호세기에 의한 위치측정 원리

기지국과 이동국사이의 거리는 신호의 전달시간을 신호 상관기(correlator)를 통해 계산하며 신호의 경로 손실과 거리와의 관계는 로그 관계가 존재하기 때문에, 측정되는 거리가 멀면 멀수록 경로 손실의 변화가 위치 추정 정확도에 미치는 영향은 커지므로 신호세기에 의한 위치측정은 정확성 및 안정성이 상대적으로 낮은 편이다.

## (2) 도착각도에 의한 위치측정

도착각도(Angle Of Arrival: AOA)에 의한 위치측정은 <그림 3-3>과 같이 기지국에서 이동국으로 보낸 신호의 도착각도를 측정하여 이동국의 위치를 측정하는 방향 탐색 시스템이다. 각 기지국은 여러 개의 안테나가 각 방향별로 배치되어 있어 이동국에서는 신호를 보내는 안테나의 번호를 수신하여 다른 기지국 안테나의 방향과 신호원이 겹치는 곳을 위치로 결정하는 방법이다.



<그림 3-3> 도착각도에 의한 위치측정 원리

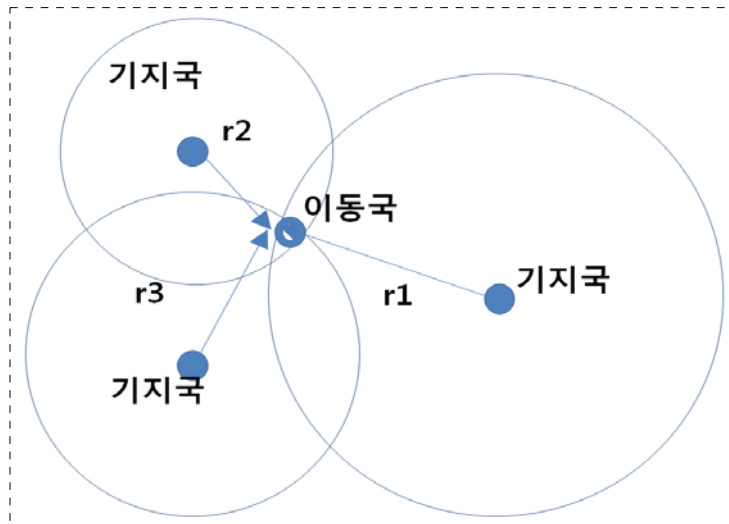
(출처 : 무선랜과 GPS 위성 신호 중계기를 이용한 실내  
측위 연구 / 이진현)



위치측정은 두개 이상의 기지국에서 측정된 방향각(Line Of Bearing: LOB)을 이용하여 방향각의 교점이 이동국의 위치가 된다. 기본적으로 2차원 평면에서 2개의 방향각이 있으면 이동국의 위치를 결정할 수 있다. 그러나 도심지역의 음영환경에서는 다중경로 신호가 존재 하여 2개의 방향각만으로 위치를 결정하지 못하는 경우가 발생하므로 실제로 3개 이상의 방향각을 활용한다. 이 방식은 방향각을 가정하고 위치를 구하는데 도심지역에서는 건물들에 의해 실제 방향각의 신호성분이 수신되지 않거나 반사되어 들어온 신호에 의해 오차가 크게 나타날 수 있다는 문제점을 지니고 있다(최재경 등, 2002).

### (3) 전파전달시간에 의한 위치측정

전파전달시간(Time Of Arrival: TOA)에 의한 위치측정방법은 이동국에서 시각 동기화된 여러 개의 기지국에 신호를 강제로 전달함으로써 이동국과 기지국간의 거리를 알고 원들의 교점을 구함으로써 사용자의 위치를 파악하게 된다. 위치측정은 <그림 3-4>와 같이 여러 기지국에서 측정한 여러 개의 측정값으로부터 각 기지국을 중심으로 한 원들이 생기게 되고 단말기는 이 원들의 교점에 놓이게 된다. 기지국과 이동국사이의 신호전송은 모두 동기화가 되어야 하며 기지국에서 이동국으로 신호가 언제 전송했는지를 알기 위해 전송시각을 표시 한다. 또한 TOA은 동기화를 위해 대부분 GPS 위성을 이용한다. TOA 방식을 이용한 측위 시스템에서는 단말기의 위치를 구하기 위해 4개 이상의 기지국에 대한 위치와 각 기지국까지의 의사거리를 알아야 한다. GPS 위성이 이용되는 경우, 절대위치 값을 구하기 위해 일반적으로 최소자승법(recursive least square)을 사용한다.



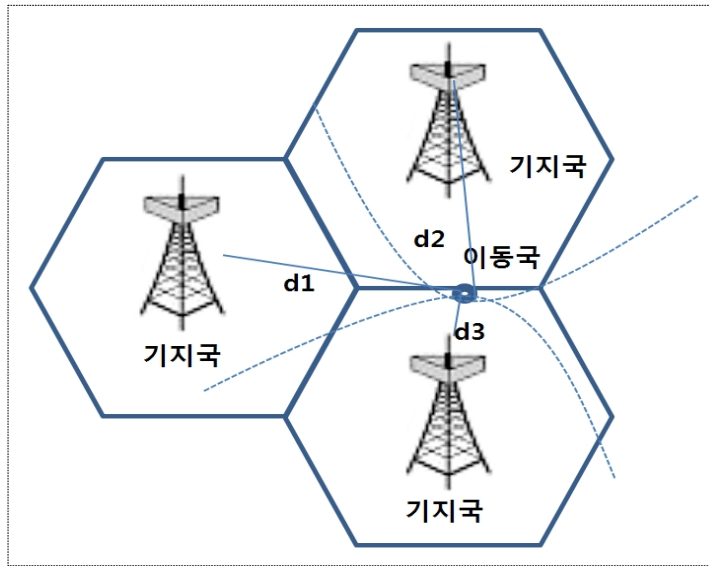
<그림 3-4> 전파전달시간에 의한 위치측정 원리

(출처 : 무선랜과 GPS 위성 신호 중계기를 이용한 실내 측위 연구 / 이진현)

#### (4) 전파전달시간의 상대적인 차에 의한 위치측정

전파전달시간의 상대적인 차(Time Difference of Arrival, TDOA)에 의한 위치측정은 전파의 전달 시간차를 이용한 측위 방법이고 TOA와는 달리 기지국에서 이동국으로 신호를 보내는 방식이다. 위치측정의 기본원리는 각 기지국에서 보낸 신호가 이동국에 전달 될 때 기지국의 전송시각을 확인하고 시간차를 거리차로 전환하여 이동국의 위치를 결정한다. TDOA방식은 <그림 3-5>와 같이 3개의 기지국으로부터 2개의 쌍곡선이 얻고 이 두 쌍곡선의 교점을 이동국의 위치로 확정한다.

두 기지국에서 이동국까지 거리 차에 비례하는 전파 도달 시간차가 측정되면 두 기지국에서는 거리 차가 일정한 곳, 즉 두 기지국을 초점으로 하는 쌍곡선 위에 이동국이 위치하게 된다. 이때 각 기지국들은 동기화가 되어 있어야 하며 기지국간의 시간 동기화는 위성시계를 이용한다.



<그림 3-5> TDOA에 의한 위치측정 원리

TDOA는 상호 상관방법을 사용하며 절대시각정보를 측정하는 것이 아니라 수신된 시간차만을 측정하게 되므로 TOA 방식보다 구현하기가 쉬우며 주로 선박의 전파항법 장치인 로란(LORAN)이나 데카(DECCA) 등에서 이용된다.

## 2) 위성항법장치에 의한 측위 기술

위성항법장치(GPS)에 의한 측위 기술은 3개 이상의 위성으로부터 시간과 거리를 측정하여 각 위성의 의사거리(pseudo range)로부터 삼각측량법을 이용하여 이동국의 위치를 구한다. GPS에 이용되는 위성은 실용위성 21개와 예비 위성 3개 등 총 24개로 구성되며 22,000km의 지구 상공에 있는 6개의 궤도에 원자모형처럼 분포되어 있다. 각 위성은 모두 똑같은 주파수를 사용하기 때문에 주파수로 위성을 구분하는 것은 불가능하며, 따라서 각 위성들은 독자적인 PRN(Pseudo Random Noise) 코드를 할당하여 사용한다. 이와 함께 위성의 현 위치에 대한 정보는 위성으로부터 전송되는 궤도력(ephemeris)이 이용된다.

위성으로부터 수신기까지의 의사거리 측정은 (식 1)과 같이 각 위성에서 발생시킨 코드 신호의 발생 시점과 수신 시점의 시간 차이를 측정한 다음 여기에

빛의 속도를 곱하여 계산할 수 있다.

$$r = (T_a - T_t) \times C = \Delta t \times C \dots \dots \dots (\text{식 1})$$

여기서  $r$ 은 의사거리,  $T_a$ 는 수신 시간,  $T_t$ 는 송신시간,  $C$ 는 광속이다. 그러나 위성의 송신시간은 세슘원자시계에서 측정한 시간으로 정확성이 높지만 수신기에서 측정한 수신시간은 상대적으로 정확성이 낮아 시간 오차를 포함하고 있다. 따라서 의사거리를 이용한 위치를 해석할 때는 함수모형에 시간오차를 포함시켜 (식 2)와 같은 관측방정식을 구성한다.

$$\sqrt{(x_i - u_1)^2 + (y_i - u_2)^2 + (z_i - u_3)^2} = r_i - E \times C \dots \dots \dots (\text{식 2})$$

여기서  $x_i, y_i, z_i$ 는 위성의 항법메시지로부터 계산이 가능한 위성  $i$ 의 좌표 값이며 미지수  $u_1, u_2, u_3$ 는 수신기의 3차원 좌표 값이며  $E$ 는 시간오차이다. 이러한 미지수의 해를 결정하는 방법은 여러 가지가 있지만 일반적으로 순환 최소자승법을 이용한다. 순환 최소자승법은 GPS의 측정치에 포함된 오차의 특성을 고려하지 않고 오차의 공분산을 최소화 하는 과정에서 해를 찾는 방법이다. 미지수의 해를 구하기 위해  $r_i$ 를 테일러(taylor) 급수로 전개하면 (식 3)과 같다.

$$r_i = \bar{r}_i + \left. \frac{\partial r_i}{\partial \underline{u}} \right|_{\hat{\underline{u}}} \delta \underline{u} + \left. \frac{\partial^2 r_i}{\partial \underline{u}^2} \right|_{\hat{\underline{u}}} \delta^2 \underline{u} + \dots \dots \dots (\text{식 3})$$

이때  $\underline{u}$ 는 수신기의 현재위치 추정값이고  $\underline{u}^t$ 는  $\underline{u}$ 의 전치행렬로써  $\underline{u}^t = [u_1 \ u_2 \ u_3 \ b]$  이다. (식 3)에서 이차항 이상을 무시하고 선형화하여 (식 4)를 구한다.

$$\delta r_i = \left[ \frac{\partial r_i}{\partial u_1} \quad \frac{\partial r_i}{\partial u_2} \quad \frac{\partial r_i}{\partial u_3} \quad \frac{\partial r_i}{\partial u_4} \right] \bigg|_{\hat{\underline{u}}} \delta \underline{u} \dots\dots\dots (\text{식 4})$$

여기서  $\delta r_i$  ,  $\delta \underline{u}$  는 측정값과 예측값의 차이이며 (식 5)와 같이 표현된다.

$$\delta r_i = r_i - \bar{r}_i \quad \delta \underline{u} = \underline{u} - \hat{\underline{u}} \dots\dots\dots (\text{식 5})$$

(식 3)을 (식 6)과 같이 정의하면  $h_i$ 는 (식 7)과 같다.

$$\delta r_i = h_i \delta \underline{u} \dots\dots\dots (\text{식 6})$$

$$h_i = \left[ \frac{u_1 - x_i}{r_i} \quad \frac{u_2 - y_i}{r_i} \quad \frac{u_3 - z_i}{r_i} \quad 1 \right] \bigg|_{\hat{\underline{u}}} \dots\dots\dots (\text{식 7})$$

만약 n개의 위성을 사용하는 경우라면 (식 8)과 같이 표현된다.

$$\delta \underline{r} = \begin{bmatrix} h_1 \\ \vdots \\ h_n \end{bmatrix} \delta \underline{u} \equiv H \delta \underline{u} \dots\dots\dots (\text{식 8})$$



따라서 보정해 줄 위치오차는 (식 9)와 같다.

$$\delta \underline{u} = (H^T H)^{-1} H^T \delta \underline{r} = H^{-1} \delta \underline{r} \dots\dots\dots (\text{식 9})$$

이것은 최초에 수신기의 초기위치를 주고 반복적으로 (식 9)의 위치오차를 구하여 보정하며 보정값의 크기가 사용자가 부여한 임계치를 만족하면 반복계산을 중지하는 방법이다. 초기에는 오차 값이 매우 커더라도 계산을 반복하면 일정 시간 안에 임계값 내로 수렴된다.

## 1.2 LBS 기반 라우팅시스템의 필요성

위치기반서비스의 발전으로 수송과 배송에서 최적경로를 선택하거나 목적지까지 이동 경로를 제공하는 모바일 교통정보시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 자동차의 증가와 교통체증의 심화에 따라 도로 네트워크의 효율성을 증대시키기 위한 정보서비스의 확대가 요구되고 있다. 특히 배송의 경우 온라인 시장의 급속한 증가로 배송물량이 기하급수적으로 급증하고 있어 제한된 시간과 배송지역을 효율적으로 관리하기 위해 위치기반의 최단경로 탐색시스템을 구축하고 있다.

지금까지 수배송에 관한 여러 연구는 주로 최적화된 차량의 배송경로의 생성에 있어서 경로 선택의 시간 단축이나 경로계획의 안정성 확보에 관심을 두었다. 그러나 물류서비스의 수준을 향상하고 다양한 요구를 반영하기 위해서는 동적인 운송계획의 수립과 함께 배송단계에서 빈번히 발생하는 다양한 예외상황에 대한 적절한 대처가 필요하지만 이에 대한 연구는 미진한 편이다.

LBS 기반 라우팅시스템에 관한 관련 연구에서 임재걸 등(2008)은 LBS 기반 라우팅시스템을 구현하기 위해 무선근거리통신망 기반의 확장 칼만필터(Kalman Filter) 방법에 블루투스(bluetooth) 기반 옥내 측위 방법과 K-NN 측위 기반 칼만필터 추적방법을 사용하고 있다. 확장칼만 추적방법은 오차가 매우 커 측정단계에서 1-NN 방법의 칼만필터 추적방법을 사용하여 정확도를 개선하고 있으며 무선통신망에 블루투스 기반 측위 방법을 확장하여 옥내 측위의 유용성을 증가시키고 있다. 또한 지도의 갈림길 정보를 사용하고 필터의 인수에 적당한 값을 배정하여 위치추적과 라우팅에 유효성을 제고하고 있다.

이성열 등(2007)은 택배 배송 최단 경로 탐색 시스템의 개발에서 메타 휴리스틱(meta heuristic) 기법 중 개미알고리즘(ant algorithm)을 이용하여 짧은 시간 내에 최단 배송 경로를 찾아 주는 시스템을 개발하였다. 이 시스템에서는 배송주소를 입력하면 방문 순서별로 지도상에 지역이름과 경로를 함께 표시함으로써 최적경로 및 배송시간을 제공하고 있다.

서창적 등(2005)은 시간요구와 비용을 고려한 배송규칙 개발에서 비용 절감

만을 고려한 일괄배송의 문제점을 개선하기 위해 납기우선규칙과 시간 단축을 배송에 적용한 기대시간 배송규칙을 적용하고 있다. 기대시간 배송규칙의 적용을 통해 배송경로 선정에서 비용증가를 억제하고 화물의 정시 도착횟수를 증가시킬 수 있었다. 또한 화물의 정시 도착횟수가 서비스 실패 비용으로 인한 서비스 보증 비용과 밀접한 관계가 있음을 보여줌으로써 서비스 제공 비용과 서비스 실패 비용의 합을 최소화시킬 수 있는 운송횟수를 제시하고 있다.

조원경 등(2005)은 외판원 문제(traveling salesperson problem)와 같이 복잡한 환경에서 경유지가 증가할수록 계산시간이 급증하는 문제점을 해결하기 위해 발견적 방법인 개미알고리즘을 배송시스템의 라우팅에 적용하고 있다. 이 방법을 통해 운전자의 판단에 의한 경로탐색방법보다 10.7%의 총 통행거리 감소효과를 얻을 수 있었고 표준편차도 안정적인 결과를 얻었다. 또한 경유지 수의 증가에 따른 총 통행거리의 증가율도 선형적이어서 안정적인 결과를 보였다. 그러나 이러한 연구들은 다음과 같은 한계를 지니고 있다.

첫째, 경로선정에서 실측 위치를 고려하지 않고 정확한 배송시간을 예측하기는 어려운 문제점이 있다. 둘째, 이동경로를 라우팅하는 과정에서 차량의 이동 과정에서 발생한 동적인 수요 변동을 충족시키는 백홀(back haul)<sup>2)</sup>을 고려하지 않고 모형을 구성한 것은 한계점이다. 그리고 최적경로의 선택 기준으로 보다 객관적인 최소통행시간을 사용하지 않고 최소통행거리만을 기준으로 사용한 것은 연구의 문제점이라 할 수 있다.

이외에도 차량경로문제(Vehicle Routing Problem: VRP)에 대한 많은 발견적 기법에 대한 연구가 수행되었다. Chao 등은 차량경로문제에 다단계 휴리스틱 기법을 적용하였고, Renaud 등은 타부탐색법을 활용한 휴리스틱 기법, Hong과 Park은 개미알고리즘 기법 개선에 대한 연구를 수행하였다. 또한 동일 차량의 복수 경로 할당에 대해서는 Talliard 등이 선택된 경로를 bin packing 알고리즘을 이용하여 이 문제들을 해결하고 있다(손익환 등, 2006).

하지만 기존 연구들의 대부분은 최단거리 알고리즘을 구현하기 위해 차량의

---

2) 차량을 더 신속하게 통행 시키거나 또는 더 저렴한 비용으로 이동시키기 위해 통상적인 루트가 아닌 다른 경로를 선택하도록 경로를 라우팅하는 방법

실시간 위치정보는 고려하지 않고 단지 차량의 이동시간에 대한 통계수치만을 경로결정 요소로 반영하거나 초기의 주어진 수요지에 대한 모형만을 제시하고 있다. 또한 확정적 요소들만을 사전 조건으로 가정하고 경로를 선택하거나 도로환경에 따른 차량의 유동적인 속도나 이동하고 있는 차량의 현재 위치 정보 등은 고려하고 있지 않다. 하지만 차량경로문제나 최단경로탐색문제는 현실적으로 초기의 주어진 수요지뿐만 아니라 추가로 발생하는 수요지나 수송을 담당할 차량을 재할당하고 다시 차량경로를 탐색하는 것이 타당하다고 볼 수 있다.

따라서 새로운 수송 수요가 발생할 경우 실시간으로 변하는 위치 정보를 이용하여 차량의 경로를 적절하게 수정할 필요가 있으며 변화하는 요구사항을 충분히 반영할 동적인 운송계획의 수립과 함께 배송 단계에서 빈번히 발생하는 다양한 예외상황에 대한 적절한 대처가 필요하게 되었다. 또한 동적으로 변화하는 실시간 환경에서 높은 서비스 수준을 제공할 수 있는 실시간 위치 정보를 고려한 라우팅 알고리즘에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

### 1.3 LBS 기반 라우팅시스템 적용사례

무선 인터넷과 이동통신 기술의 급속한 발전에 따라 LBS 라우팅 기능을 갖추고 위치추적 및 차량관리 서비스를 웹으로 제공하는 국내 물류업체의 수는 더욱 많아지고 있으며 보다 다양한 서비스를 제공하고 있다. 현재 LBS 기반 라우팅 서비스를 제공하고 있는 국내업체로는 <표 3-1>과 같이 KT-로지스, NeTruck, OKNet, 물류넷 등이 있고 최근 SI 업체로 삼성SDS가 새롭게 서비스 시장에 참여했다. 특히 KT-로지스는 GPS 위성과 PCS 및 PDA를 이용하여 화물차량의 위치추적, 화물의 정보관리, 집·배송 차량의 위치파악뿐만 아니라 경로지시 및 차량과의 메시지 송수신 기능 등을 제공하고 있다.



<표 3-1> 국내물류기업의 위치기반서비스

| 업체명     | 구축시스템   | 시스템내용  | 시스템기술 내용  |
|---------|---|--|---|
| KT-로지스  | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 화물관리시스템</li> <li>· 화물차량운행관리시스템</li> <li>· 화물차량관리시스템</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 차량관리 web서비스</li> <li>· 차량위치추적서비스</li> <li>· 공차정보, 화물운송의뢰</li> <li>· 물류경매서비스</li> <li>· 모바일 WAP서비스</li> <li>· XML EDI서비스</li> <li>· 수출입 물류통계서비스</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· GIS기술</li> <li>· 무선망연동기술</li> <li>· GPS기술</li> <li>· Web-GIS기술</li> <li>· UMS 기술</li> <li>· XML EDI기술</li> <li>· 무선 프로그램기술</li> <li>· 모바일 오피스기술</li> </ul> |
| NeTruck | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 화물운송주선시스템</li> <li>· 화물차량운행관리</li> <li>· 화물차량관리시스템</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 차량위치추적서비스</li> <li>· 공차정보서비스</li> <li>· 운송의뢰서비스</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>· GPS기술</li> <li>· 무선망연동기술</li> <li>· 주선사용프로그램기술</li> </ul>  |
| OKNet   | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 차량업무보고시스템</li> <li>· 차량관제시스템</li> <li>· 기간제 업무시스템</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 차량관리 Web서비스</li> <li>· 차량위치추적서비스</li> <li>· 모바일 WAP서비스</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>· GPS기술</li> <li>· 무선망연동기술</li> <li>· 업무프로그램개발기술</li> </ul>  |
| Mlogis  | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 화물운송주선시스템</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 차량관리 Web서비스</li> <li>· 차량위치추적서비스</li> <li>· 수출입 물류 EDI서비스</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 무선망 연동기술</li> <li>· XML EDI기술</li> </ul>   |
| 물류넷     | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 화물운송주선시스템</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 공차정보 서비스</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 주선사용프로그램기술</li> </ul>  |

※ 출처 : 화물위치추적 및 관리사업 최종 보고서, 2004



요소기술별 기술 동향을 보면, RFID, AUTO-ID를 이용한 화물관리 알고리즘, 위치보정관련 알고리즘, 운전자 감시 및 센싱관련 알고리즘, CDMA 1X 데이터통신망 알고리즘, TCP/IP 데이터통신방식 알고리즘, GPS 단말기의 수신율 향상관련 알고리즘, 멀티기능 단말기 알고리즘, 운전자 행태감시 알고리즘, 자동배차 스케줄링 알고리즘, 정체 정보를 반영한 최적경로 조회 알고리즘, 화물/차량 자동매칭 관련 알고리즘 분야 등에서 다양한 연구가 진행되고 있다.

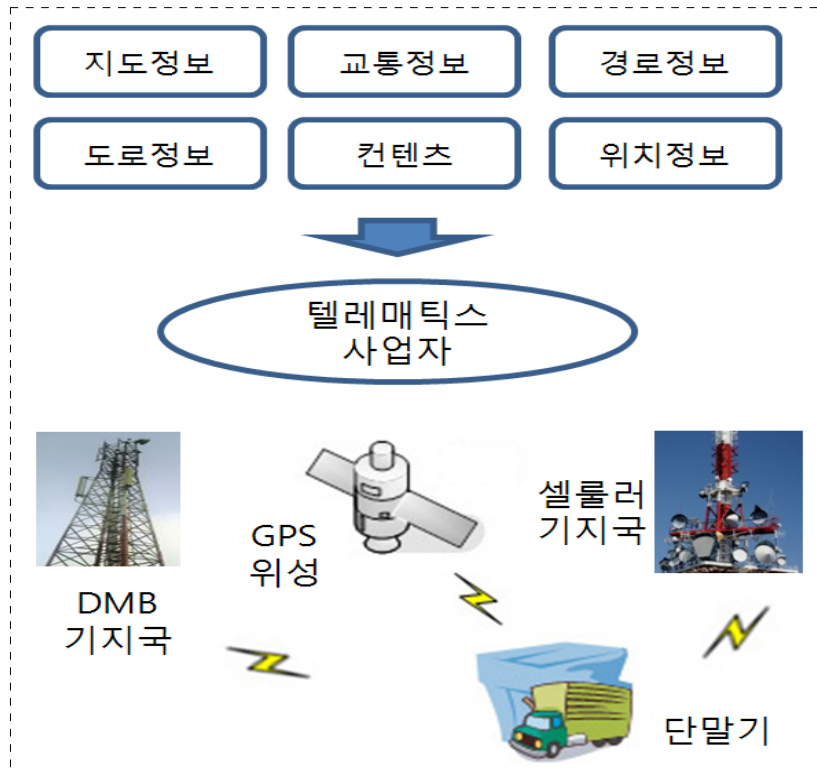
화물차량의 위치추적기술은 단말기 제조사의 영세성으로 주요 핵심부품의 국산화가 지연되고 있으며, 상위 기종의 개발 지연 및 가격경쟁력 약화로 상용화가 지연되고 있다. 데이터통신망의 경우 이동통신사의 음성 위주의 사업화로 통신용 장비 및 채널 할당에 소극적으로 대처해 단말기 개발에 많은 시행착오

가 있다. 하지만 CDMA 방식의 TCP/IP 기술 향상 및 위치추적 알고리즘의 개선, 단말기의 성능 향상 및 통제시스템의 성능 개선 등 주요 핵심기술들의 기술 수준이 화물차량 위치추적 및 화물관리 시스템의 요구사항을 충족하고 있어 조만간 상용화가 가능할 것으로 보인다.

국내의 개인용 LBS 기반 라우팅시스템은 국내 통신회사에 따라 조금씩 다르지만 일반적으로 위치기반 정보, 상거래 부문으로 나누어진다. 위치기반 정보 부분은 주변시설 정보서비스, 추적 서비스, 교통항법 서비스, 안전 및 구난 서비스, 기업용 위치추적서비스 등이 있다. 위치기반 정보 부분과 관련된 텔레매틱스는 <그림 3-6>과 같이 교통정보를 토대로 지도정보, 교통정보, 경로정보, 도로정보, 콘텐츠, 위치정보, 안전 및 보안, 응급대응, 차량진단, 원격지원 서비스 등 다양한 정보 서비스를 무선 인터넷을 통해 차량 운전자들에게 제공하고 있다.

상거래와 관련한 서비스는 단말기가 위치한 곳에서 가장 가까운 차량의 위치를 알려주는 차량콜 서비스, 원하는 물품을 선택하면 가장 가까운 점포를 연결해주는 주문 배달 서비스, 모바일 쿠폰 및 M-커머스, 주변시설 정보서비스, 추적 서비스, 교통항법 서비스, 구난 서비스 등을 제공한다. 또한, 차세대 LBS의 하나인 모바일 시큐리티 서비스는 GPS 단말기를 소지한 개인이 이동 중인 현재 위치를 확인하거나 위급한 경우 긴급호출을 통해 개인의 위치가 관제센터에 전달되어 가장 가까운 경로가 선택되고 긴급출동에 이용된다.

공공부문의 LBS 기반 라우팅시스템은 비상구조 서비스, 긴급정보 서비스, 공공목적의 추적 서비스 등에 LBS 관련 기술이 활용되고 있다. 비상구조 서비스는 119나 112 시스템과 연계하여 응급 재난 상황에서 구조기관에 자동적으로 위치정보를 제공하는 것이다. 긴급정보 서비스는 태풍, 지진, 홍수, 산사태, 산불 등과 같이 긴급히 대피하여야 할 상황이 발생했을 때 해당지역의 사람들의 위치를 파악하고 자동적으로 긴급 정보를 제공하는 것이다. 공공목적의 추적 서비스는 합법적인 절차를 통해 범인이나 도난차량 등의 위치를 파악하고 추적할 수 있다.



<그림 3-6> 텔레매틱스를 이용한 위치기반 서비스

해외부문에서는 응급구난 서비스인 E-911을 준비하고 있는 미국을 비롯해 일본과 유럽 등이 이동통신 네트워크 기반의 LBS를 제공하고 있다. 미국의 LBS 기반 라우팅시스템은 정부가 발표한 E-911 규정에 따라 모든 통신사업자가 의무적으로 응급구난 서비스를 제공하도록 되어 있으나 장비개발, 서비스 안정화 및 단말기의 속도에 문제점이 있다. 유럽은 프랑스, 노르웨이, 이탈리아 등을 중심으로 주요 사업자들이 이동통신 네트워크 기반의 LBS를 제공하고 있다. 일본의 경우 우리나라에 비해 서비스 다양성 측면에서는 다소 뒤지고 있지만 LBS 활용체계에 있어서는 앞서고 있다. 일본의 주요 사업자로 KDDI, 도코모 등이 있으며 이 가운데 KDDI는 주변정보, 교통항법, 위치정보메일통지, 안전경호 등 4개 서비스를 실시하고 있다. 도코모는 기업용 위치추적, 안전서비스, 주변정보, 지도정보, 교통항법 분야의 서비스를 제공하고 있다(최재경

등, 2002).

특히, 미국의 LBS는 이동통신망에 IT기술을 활용한 위치기반 정보 서비스로 고객의 위치정보를 기반으로 상품정보뿐만 아니라 교통정보, 위치추적정보 등 생활 전반에 걸쳐 다양한 정보가 제공된다. 미국은 2002년에 각 이동통신사가 GPS 칩을 내장한 휴대폰을 이용, 차세대 LBS를 시작했고, 지금까지 제공되고 있는 위치정보는 사용자의 위치를 사용자가 있는 기지국 단위로만 파악하여, 사용자의 요청이 있을 때에만 사용자가 원하는 정보를 기지국을 기준으로 제공하였다. 따라서 단말기가 어느 기지국하고 접속하고 있느냐에 따라 위치를 확인할 수밖에 없어 정확도가 1km에서 2km에 달해 위치를 정확하게 확인하지 못한다. 그러나 인공위성을 이용한 GPS와 기지국 정보를 결합한 위치정보서비스는 30m에서 50m 이내의 위치추적이 가능하여 정확도가 높은 편이다.

이러한 LBS기반 라우팅 시스템에는 교통관련 정보로 운전위치정보, 교통정보, 경로탐색 및 설정 등이 있으며, 위치추적 정보로는 자동차위치추적, 개인위치정보, 화물추적 등이 있다. 상거래 정보로는 원하는 상품에 대한 통보기능, 위치기반 마케팅 및 광고 등의 서비스를 제공하고 있다. 물류활동과 관련된 기업용 LBS 라우팅 시스템은 모바일 IT 어플리케이션 영역에서 아직은 적용 사례가 적고 소규모이지만 물류시장의 지속적인 확대에 따라 향후 이 기술은 전사적 물류경영, SCM 그리고 유통부문에서 다양한 LBS 라우팅 시스템을 포괄하게 될 것이다.

## 2. 입주 물류업체의 서비스 분석

### 2.1 기본업무 분석

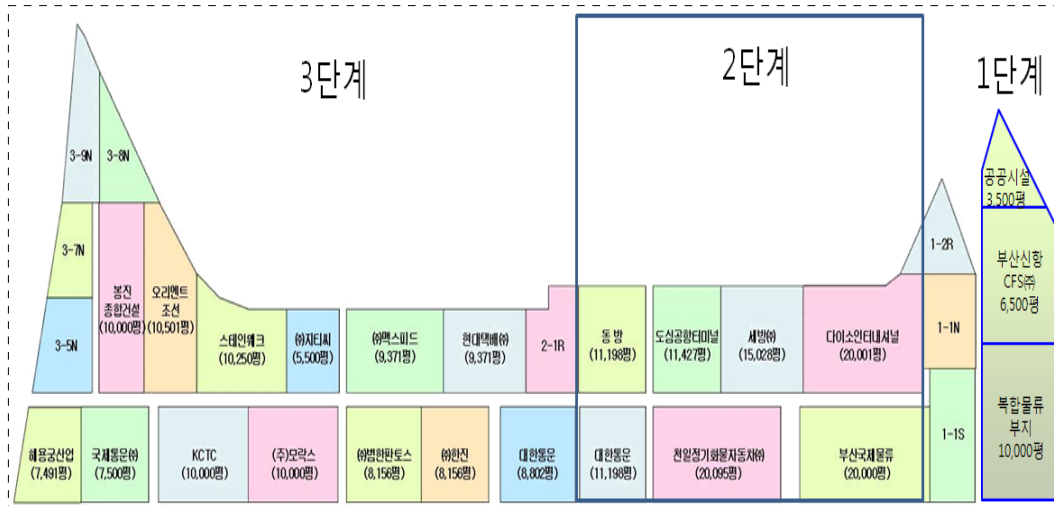
배후단지는 운송수단에 의해 항만과 연계되어 있고 항만을 통해 이적된 화물을 보관 또는 재처리를 하기 위해 개발된 내륙지역이다. 또한 배후단지는 항만을 경유하는 수출입 및 환적화물의 수요를 창출하고 기술, 노동의 제공을 통해 생산과 소비가 이루어지는 육상공간의 개념을 지니고 있다(이성우, 2001).

배후단지는 항만의 기본 기능인 선적과 양하를 중심으로 원활한 수출입 및 환적 처리를 지원하는 기능과 산업단지 및 유통단지와의 연결 고리로서 복합물류시설 기능, 물류서비스 지원시설 기능, 공공시설 기능 등을 갖는다.

배후단지는 복합물류시설을 중심으로 보관배송 기능과 유통가공 기능을 제공하며 운송모드 간의 결절점으로 화주와 운송인을 지원하고 연결하는 서비스를 종합적으로 제공한다.

부산항신항의 배후단지는 <그림 3-7>과 같이 행정구획 상으로 경남 진해시 및 부산시 강서구 일원에 위치하며 물류 배후단지 총면적은 37만평이나 도로 등 공공용지를 제외하면 순수 물류용지는 27만평이다. 이 가운데 22만평은 이미 입주 업체가 결정되었으며 선정된 업체의 입주는 1단계, 2단계, 3단계로 나누어 진행될 계획이다. 1단계에 선정된 업체는 부산항신항 CFS(주)와 부산국제물류(주)이며 2단계에 선정된 업체는 (주)C&S국제물류센터를 포함한 5개 업체이며 3단계에 선정된 업체 신항국제물류(주)와 해양상선(주)의 컨소시엄을 포함한 6개 업체이다(하창승, 2009).

2010년 3월 현재 신항 북'컨'부두 배후물류부지에서 물류센터를 운영하고 있는 업체는 1, 2단계 배후단지에 위치한 BIDC(주) 등 9개 물류업체이며 3단계 배후물류단지도 부지 조성을 끝내고 신항국제물류(주) 등 13개 국내외 물류 컨소시엄업체들이 물류센터 개장을 위해 준비 중에 있다.



<그림 3-7> 부산항신항 배후단지의 평면도

배후단지에 입주한 물류업체의 업종은 <표 3-2>와 같이 대부분 화주의 의뢰를 받아 컨테이너에 화물을 적입하고 인출하는 CFS 작업을 주로 하는 창고보관업과 내륙물류센터나 화주의 창고로 수배송을 수행하거나 컨테이너터미널의 장치장(Container Yard: CY)으로 셔틀(shuttle)운송을 수행하는 운송업을 하고 있다.

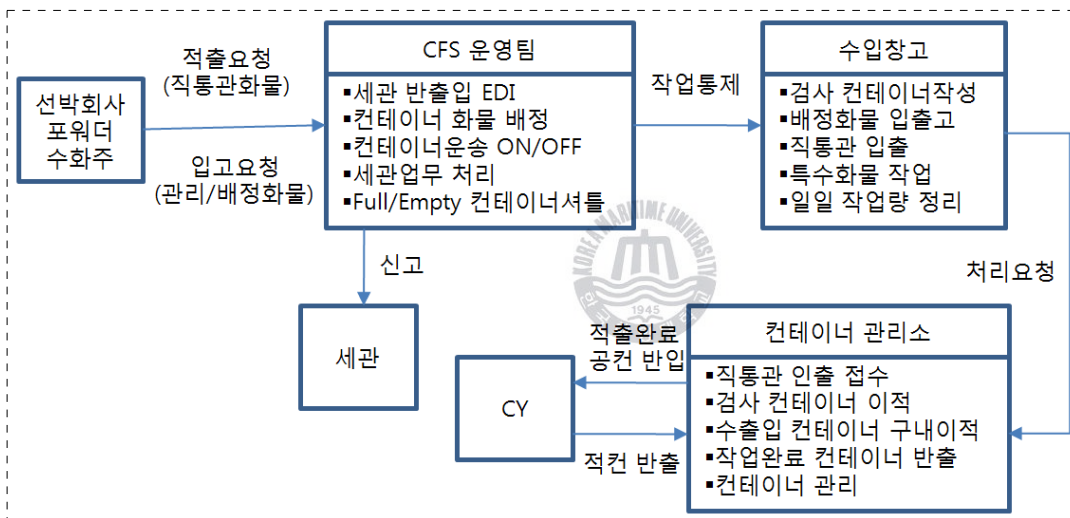


<표 3-2> 입주 물류업체의 대표업종

| 회사명                       | 업종              |
|---------------------------|-----------------|
| 부산국제물류(주)                 | 배송센터 유통가공 수리제조  |
| 부산항신항 CFS(주)              | 창고업, 보관업        |
| 동방물류센터(주)                 | 물류센터관리 및 항만운송사업 |
| SDH국제물류(주)                | 창고보관업 및 3PL     |
| 퍼스트클래스<br><로지스틱스(주)>      | 창고보관업 및 화물운송    |
| (주)C&S국제물류센터              | 창고보관업           |
| 씨스테인웨그동부<br><디스트리파크부산(주)> | 창고업             |
| 비엔디(주)                    | 일반창고업           |

배후단지의 물류업체에서는 대형 물류창고를 중심으로 입고된 화물을 수·배송하거나 소량화물을 혼재(consolidation) 및 분류(break down)하기 위해 송화주 또는 본선으로부터 양륙한 컨테이너를 셔틀운송한다. 또한 LCL(Less than Container Load) 화물을 혼재하여 FCL(Full Container Load) 화물로 만들어 본선에 적재하거나 또는 본선으로부터 양륙한 FCL 컨테이너를 분류하여 각 수화주에게 양도하기 위한 준비 작업을 수행한다.

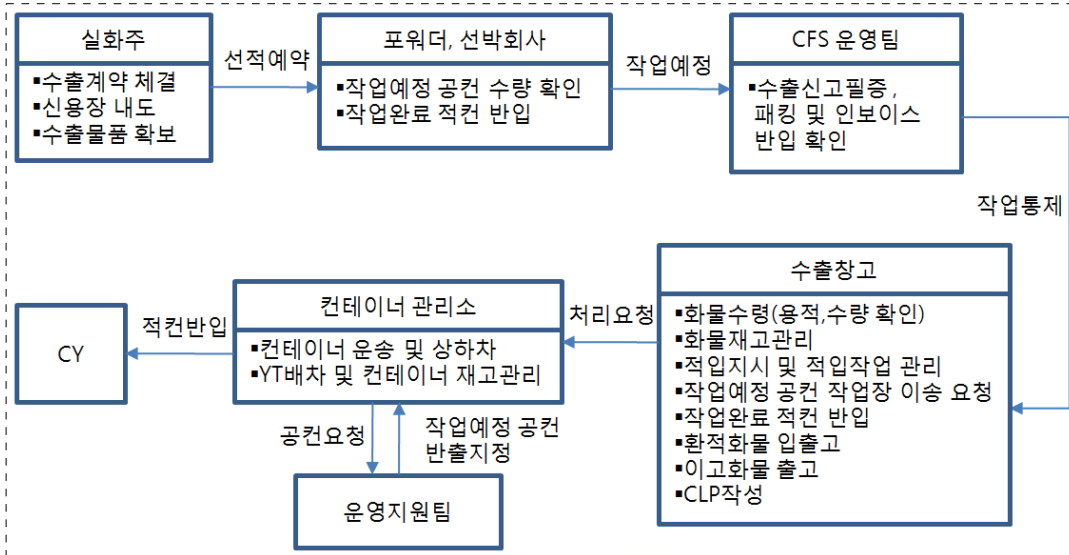
수·배송과 셔틀운송은 화물의 양과 목적지, 집화방식에 따라 운송형태가 달라지며 이에 따라 운임구조, 책임한계 등에서도 차이가 난다. 컨테이너 화물이 FCL인 경우 컨테이너 장치장에서 수화인으로 바로 직·반출 되거나 다른 컨테이너 장치장으로 운송된다. LCL인 경우는 혼재와 분류작업을 위해 반드시 배후단지의 물류업체로 운송되어 처리된다.



<그림 3-8> 배후단지 물류업체의 수입화물 업무 흐름도

물류업체에서의 수입화물 업무흐름은 <그림 3-8>과 같이 화주 및 화주의 대리인이 적하목록을 물류업체 운영팀에 통보하면 운영팀은 체화화물 점검, 반입신고, 일일반출 및 반입보고 등을 세관에 신고한다. 그리고 화주 및 화주 대리인은 통관의뢰 및 화물인도지시서(Delivery Order: D/O) 발급을 요청하고

수입신고필증을 발급하여 화물반출을 요청한다. 수입창고에서는 목록을 접수하고 적입 보고서를 제출한 후 반출하거나 직통관 인출요청을 한다. 컨테이너 관리소에서는 작업장 구내이적을 하고 작업이 완료되면 공 컨테이너를 반출 및 반입 처리한다.



<그림 3-9> 배후단지 물류업체의 수출화물 업무 흐름도

수출화물의 업무흐름은 <그림 3-9>와 같이 화주 또는 화주의 대리인이 화물 입고를 의뢰하면 운송업체는 수출신고필증, 패킹리스트, 송장을 작성하여 화물을 입고한다. 수출창고에서는 화물을 수령하고 작업예정 공 컨테이너를 작업장으로 이송을 요청한다. 적입 지시 및 적입 작업이 완료된 컨테이너는 컨테이너 내부 적부도(Container Loading Plan: CLP)를 작성한다. 컨테이너 관리소에서는 컨테이너 운송 및 상하차 작업을 실행하고, 야드트랙터 배차 및 컨테이너의 재고를 관리한다. 또한 적입이 완료된 컨테이너는 장치장으로 이송한다.

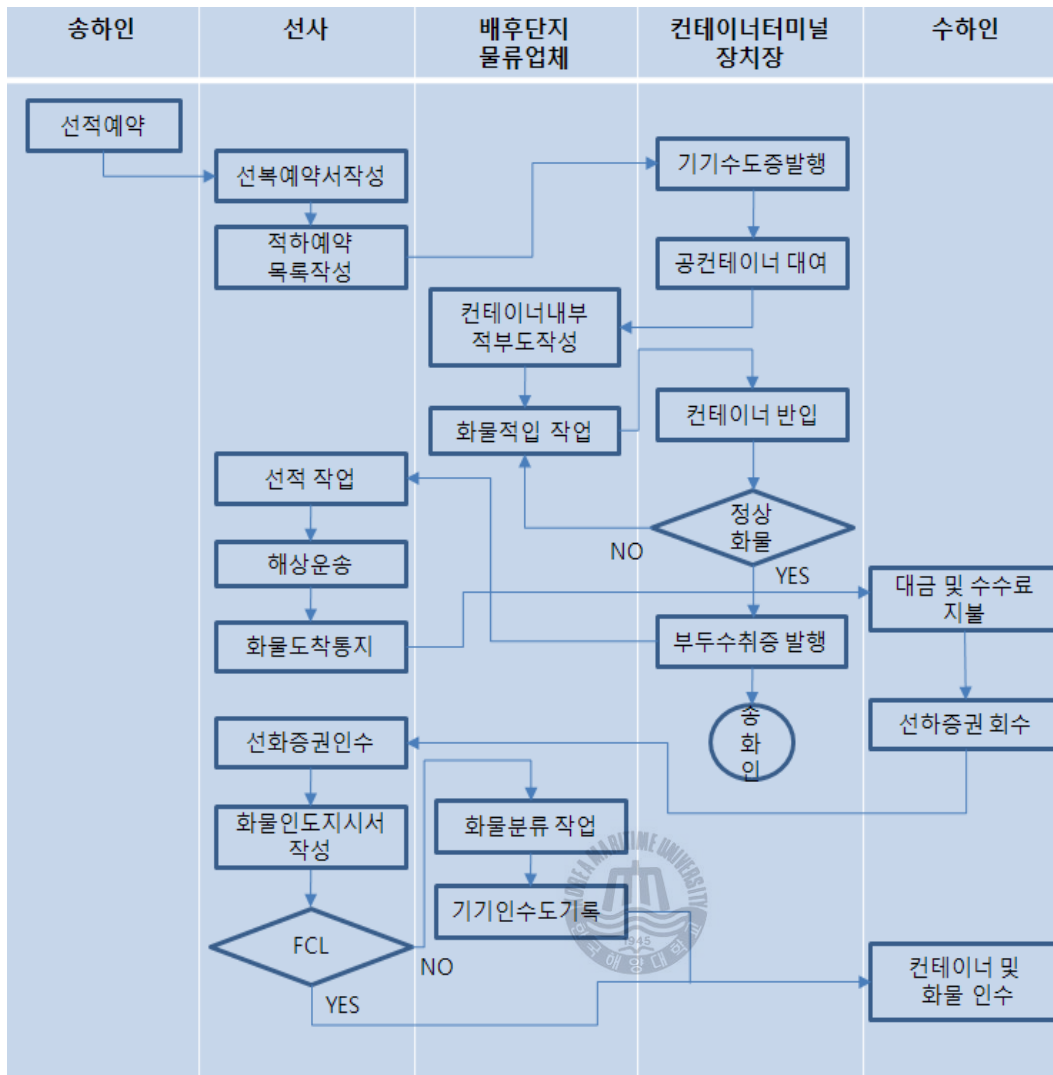


## 2.2 운송서비스 분석

운송서비스 분석은 장치장과 배후단지 물류업체를 중심으로 작업의 처리 시점에 따라 컨테이너의 이동경로와 정보흐름을 분석하고 도식화 하는 과정으로 <그림 3-10>과 같이 반출입 처리 흐름도(flow chart)로 표현하였다.

컨테이너의 반입 절차는 먼저 송화주가 선사에 수출화물을 선적예약(booking)하면 선사는 선북예약서(booking note)를 작성하고 컴퓨터에 입력한다. 선북예약서에는 운송할 컨테이너의 운송형태, 화물의 명세, 선적 및 양륙의 방법 및 장소가 기재되어 있다. 선사에서는 입력된 자료를 집계하고 적하예약목록(booking list)을 작성하여 배후단지의 물류업체에 전자문서(Electronic Data Interchange: EDI)로 송부한다. 컨테이너터미널의 장치장에서는 적하예약목록을 기초로 선사의 지시에 따라 공 컨테이너를 송화주에게 대여하고 기기수도증(Equipment Receipt: E/R)을 발행한다. 공 컨테이너를 인계 받은 배후단지의 물류업체에서는 화물을 적입한다. 적입을 마친 컨테이너는 컨테이너적부도와 함께 컨테이너터미널의 장치장으로 반입된다. 컨테이너에 특별한 이상이 없고 통관절차를 마친 화물은 부두수취증(Dock Receipt; D/R)을 발행하고 송화주에게 전달된다.

컨테이너의 반출 절차는 선사에서 선하증권 사본, 운임목록(freight list) 컨테이너 내부적부도, 부두수취증, 적하목록(manifest) 등을 근거로 수화인에게 화물 도착과 미불된 운임 및 제수수료를 통지한다. 수화주는 신용장 발행은행에 수입대금을 지불하고 선하증권을 회수한다. 또한 수화인은 선하증권을 선사에 제시하고 화물인도지시서를 교환 받아 컨테이너 장치장에 제출한다. 만약 FCL 화물인 경우는 컨테이너터미널 장치장에서 바로 기기수도증을 작성하고 화물을 인수하지만 LCL화물인 경우는 배후단지의 물류업체에서 분류작업 후 기기인수도기록(delivery record)을 작성하고 화물을 인수 받는다.



<그림 3-10> 운송서비스분석을 위한 반출입 처리 흐름도

### 3. 프로세스 및 데이터 모델링

#### 3.1 프로세스 모델링

프로세스 모델링은 분석단계의 결과물에 기술적인 부분을 추가하여 시스템적인 확장을 수행하여 구현을 위한 동작과 제약의 방법을 설계하는 과정이다. 프로세스 모델링에서는 분석단계에서 산출된 클래스에게 기능적 패키지들을 분리시키며 동시성을 가진 행위(behavior)의 경우에는 공유 자원인 동기 클래스와 동기 및 비동기적 메시지 교환 등의 동기화 기술이 적용된다. 또한 프로세스 모델링은 설계의 중심이 업무 중심에서부터 시스템 중심으로 이동되며 업무와 자료는 통합되고 처리는 분산이 이루어지는 단계이다.

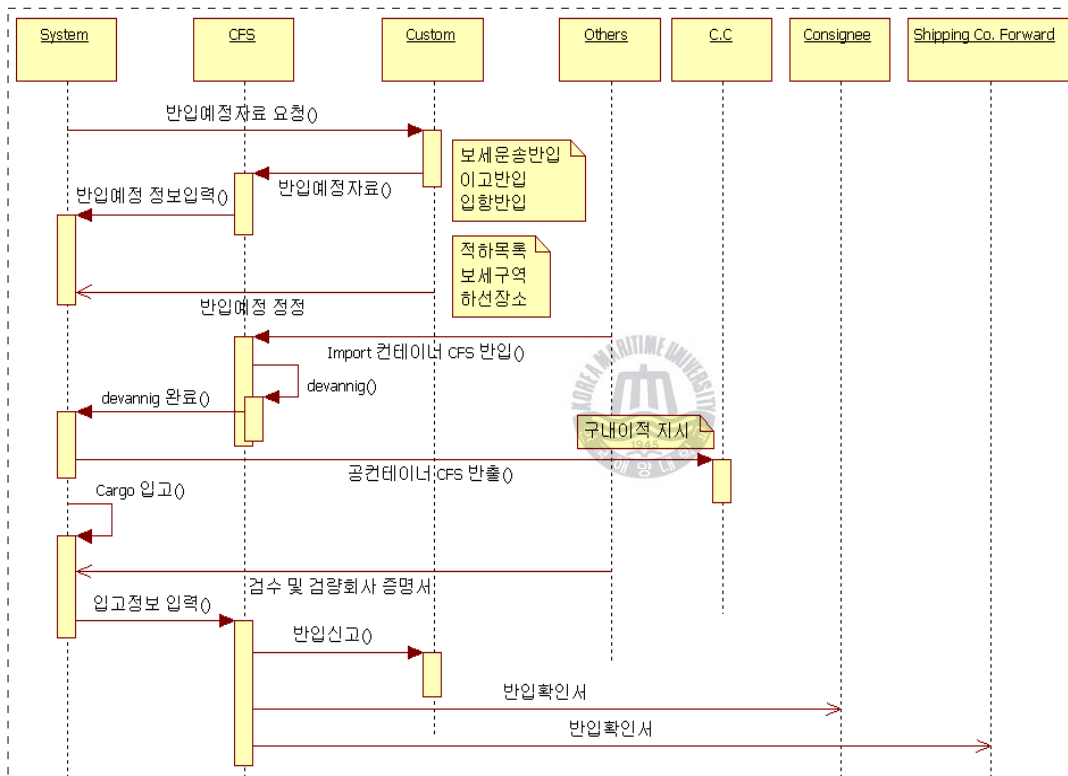
본 연구에서는 프로세스 모델링을 위해 산출물의 재사용과 확장성을 높이기 위해 객체지향개발 도구인 UML(Unified Modeling Language)을 사용한다. UML은 시스템의 구조, 흐름 및 관계를 모델링하는 표준도구로써 산출물을 가시화하고 명세화하며 시스템 구성 및 문서화 작업에 사용된다. UML은 시스템에서 필요한 객체를 찾아내고 객체들 사이의 관계를 규명하는 객체 모델링, 객체 행위와 상태 변화의 라이프사이클을 표현하는 동적 모델링, 각 객체의 변화로 인해 상태 전이를 기술하는 기능 모델링 등의 워크플로우(work-flow)관리에 유용하다.

배후단지 물류업체에서 처리하는 수출입 업무는 수출 FCL 컨테이너의 반입, 공 컨테이너의 반출, 수출 LCL 컨테이너의 반출입을 통해 상호 연계된다. 먼저 수출 FCL 컨테이너의 반입은 대부분 송화주로부터 직접 운송되며 게이트에서 반입계를 교부받아 장치 위치를 지정 받은 후 컨테이너를 하차하고 외부로 이동한다. 반출 컨테이너는 게이트에서 반출계를 교부받고 지정 장치위치로 가서 빈 컨테이너를 상차한 후 배후단지의 CFS로 가서 혼재작업을 수행한다. 수출 LCL 컨테이너는 배후단지의 CFS에 혼재작업을 마치고 게이트에서 반입계를 교부받고 지정된 장치 위치에서 컨테이너를 하차하고 다음 하역을 위해 게이트를 빠져나가 대기한다. 수입 LCL 컨테이너는 컨테이너에서 화물을 싣고 터미널 내의 CFS에 일시 보관 후 일반 트럭에 의해 화주에게 배송된다.

이러한 업무를 처리시점 중심으로 프로세스 모델로 변환하면 수입화물 입고, 수입화물 출고, 수입화물 चेवा, 수입화물 분할, 수입화물 입고, 수출화물 출고 등의 흐름을 갖는 순차 다이어그램으로 표현된다.

### 1) 수입화물 입고

수입화물 입고 프로세스는 <그림 3-11>과 같이 시스템에서 세관으로 반입 예정 자료를 신고하면 세관은 보세운송반입, 이고반입, 입항반입 등에 대해 반입예정 자료를 처리하여 CFS로 송부한다.



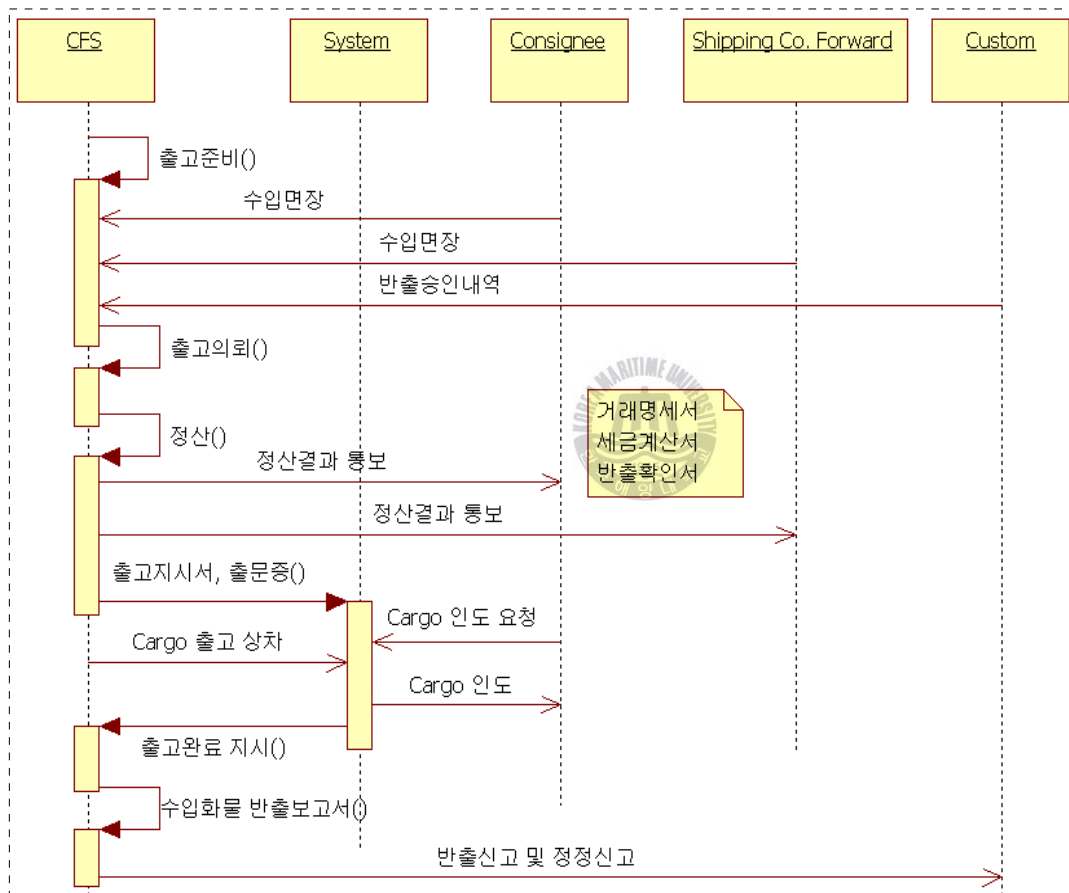
<그림 3-11> 수입화물 입고 순차 다이어그램

반입예정정보를 시스템에 입력하거나 적하목록, 보세구역, 하선 장소에 대한 변경사항을 수정한다. 수입컨테이너가 CFS로 반입되면 분류작업을 수행하고

작업완료정보를 시스템에 입력한다. 컨테이너 관리소는 작업이 끝난 공 컨테이너를 컨테이너터미널 장치장으로 반출하기 위해 구내이적을 지시한다. 분류작업이 끝난 화물은 수화주에게 전달하기 위해 입고조치와 함께 세관에 반입신고를 하고 반입확인서를 수화주나 대리인에게 송부한다.

## 2) 수입화물 출고

수입화물의 출고를 위해 출고준비를 마친 화물은 수화주나 대리인으로부터 수입면장을 전송받고 세관으로부터는 반출승인서를 전송받는다.

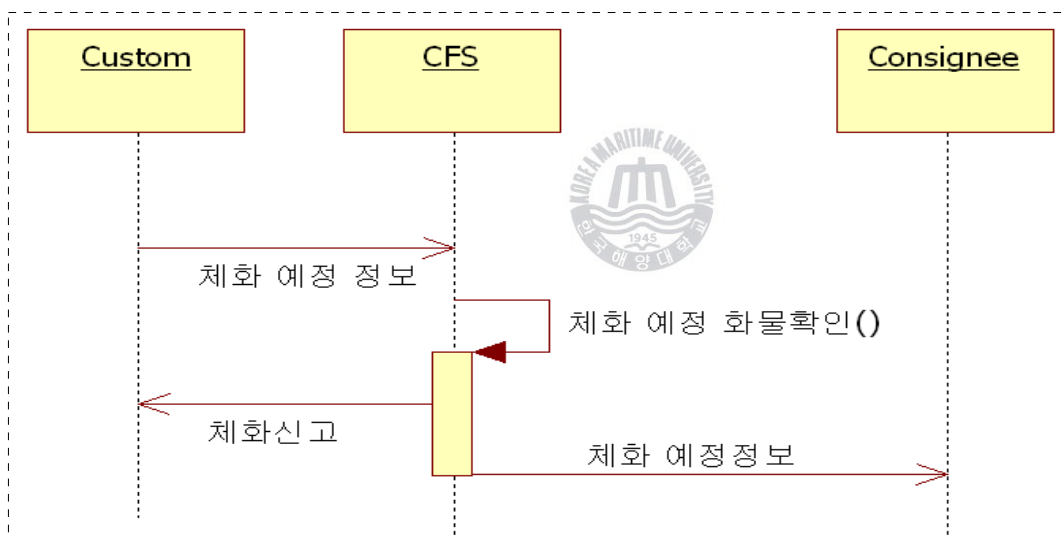


<그림 3-12> 수입화물 출고 순차 다이어그램

출고의뢰에 따라 작업비용을 정산하고 거래명세서, 세금계산서, 반출확인서를 수화주와 대리인에게 전달한다. 출고지시서와 출문증을 작성하고 출고를 위해 화물을 일반차량에 상차하여 수화주에게 화물을 인도한다. 화물 인도 후 시스템에서 출고완료로 지시하고 수입화물반출보고서를 작성한다. 또한 세관에는 반출신고와 정정신고를 한다. <그림 3-12>는 수입화물 출고 처리를 위한 프로세스이다.

### 3) 수입화물 체화

수입된 화물에서 세관이 CFS로 체화정보를 요청하면 CFS는 체화내역을 확인한 후 체화신고를 한다. 또한 CFS는 체화된 화물의 원활한 처리를 위해 수화주에게 체화화물의 내역을 전달한다. <그림 3-13>은 수입화물 체화처리를 위한 프로세스이다.

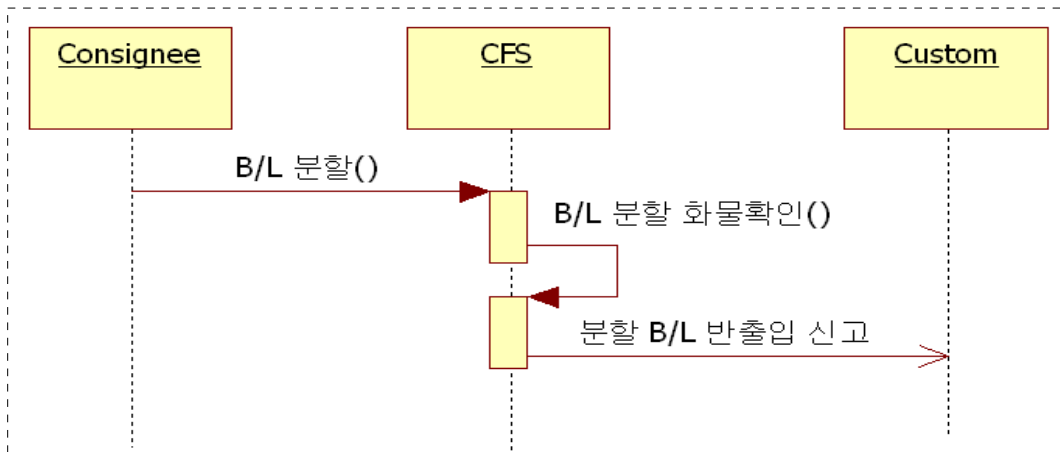


<그림 3-13> 수입화물 체화 순차 다이어그램

### 4) 수입화물 분할

수화주는 수입된 화물을 분할하기 위해 선하증권 분할을 CFS로 요청하면

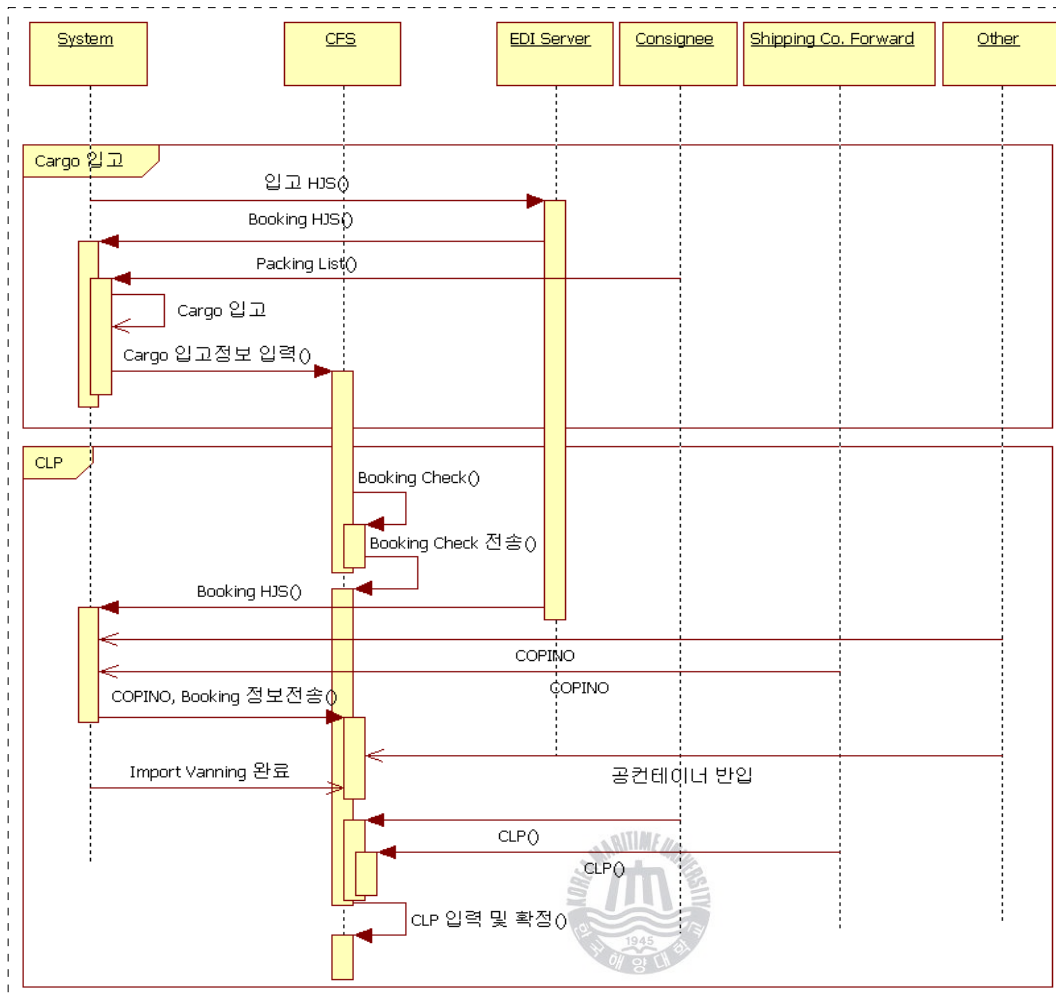
CFS는 분할화물을 확인한 후 세관에 분할할 화물에 대한 반출입을 신고한다.  
 <그림 3-14>는 수입화물 분할 처리를 위한 프로세스이다.



<그림 3-14> 수입화물 분할 순차 다이어그램

#### 5) 수출화물 입고

수출화물 입고 프로세스는 <그림 3-15>와 같이 입고예약 접수가 확인되면 송화주로부터 화물과 포장명세서(packing list)를 전달받고 화물입고 처리를 한다. CFS에서는 예약명세서를 확인하고 운송사나 선사로부터 사전 반출입계(COPINO)를 전자문서교환을 통해 전달받는다. 컨테이너터미널 장치장으로부터 공 컨테이너가 운송되면 화물의 적입과 혼재작업을 수행하고 컨테이너 내부 적부도를 작성하고 내역을 확정한다.

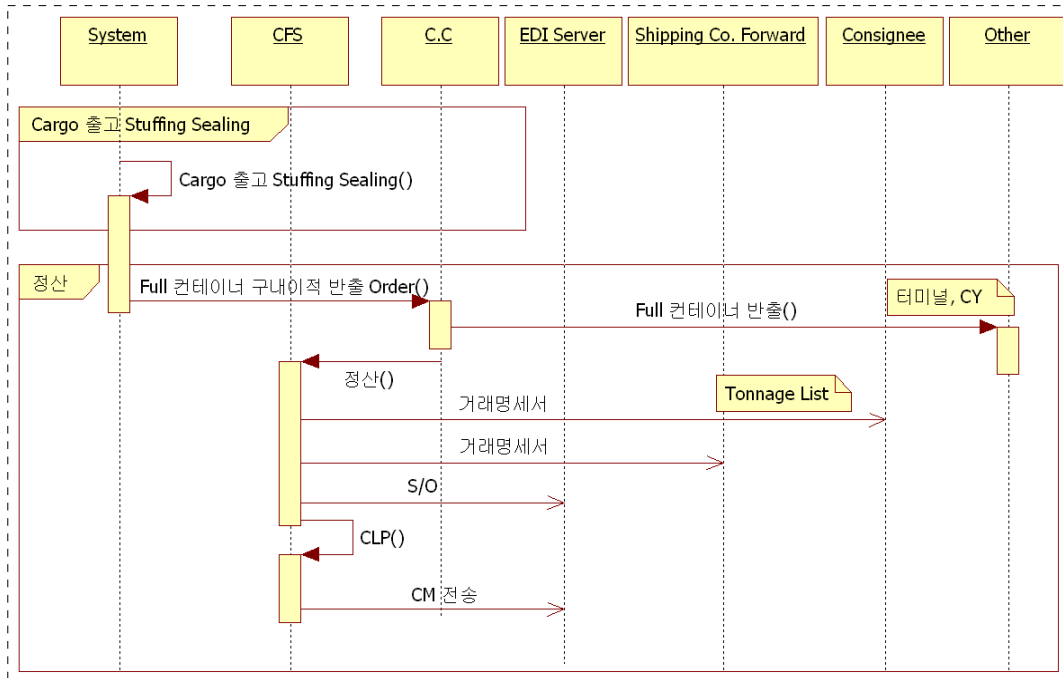


<그림 3-15> 수출화물 입고 순차 다이어그램

## 6) 수출화물 출고

수출화물의 출고 프로세스는 <그림 3-16>과 같이 혼재작업을 종료한 컨테이너는 봉인 작업을 하고 컨테이너터미널 장치장으로 반출 준비를 한다. 터미널에서는 준비가 완료된 컨테이너에 대해 반입지시를 받는다. CFS에서는 거래명세서와 중량확인서(tonnage list)를 송화주에게 전달하여 운임을 정산하도록 한다. CFS에서는 선적지시서를 작성하여 컨테이너터미널 장치장에 전달하고 확인된 컨테이너 내부 적부도는 전자문서교환을 통해 관련기관으로 전송한다.





<그림 3-16> 수출화물 출고 순차 다이어그램

### 3.2 데이터 모델링



데이터 모델링은 현실세계에 존재하는 데이터와 그들 간의 관계를 도식화하기 위해 사용되는 모델이다. 데이터 모델링에서 가장 중요하고 기본적인 활동은 실체(entity)를 결정하는 것이다. 실체는 업무의 목적, 범위, 전략에 따라 실체의 대상이 물리적 존재가 될 수도 있고 개념적 존재가 대상이 될 수도 있다.

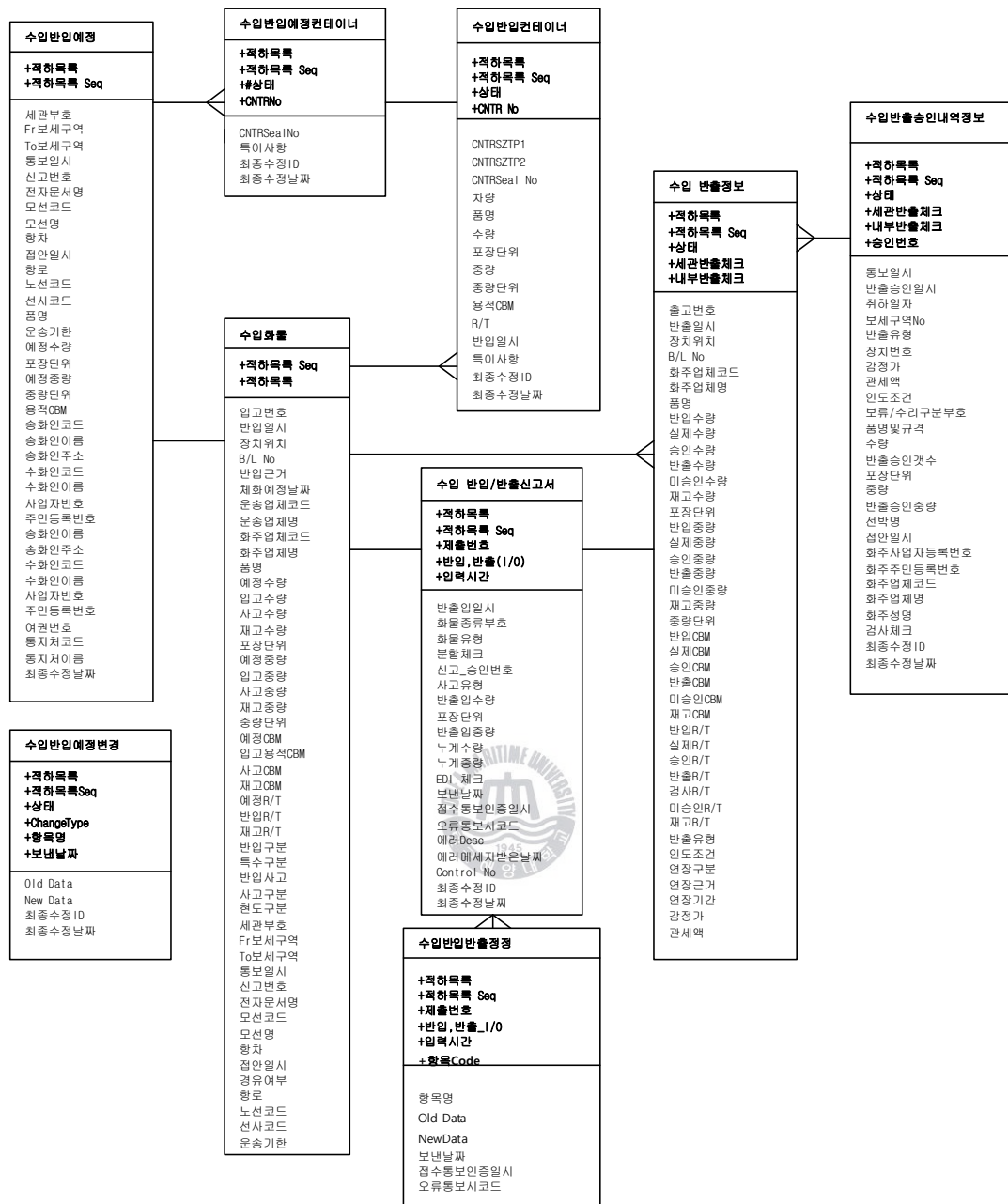
본 연구에서는 CFS 수출입 화물을 중심으로 반·출입 데이터를 실체관계도(Entity Relationship Diagram: ERD)로 표현하였다. <그림 3-17>은 수입화물 반·출입 데이터 모델을 ERD로 표현한 것으로 수입반입예정목록, 수입반입예정컨테이너, 수입반입컨테이너, 수입반출정보, 수입반출승인내역정보, 수입화물, 수입반입/반출신고서, 수입반입반출정정, 수입반입예정변경, 수입반출승인내역정보를 실체로 선정하였다.

ERD에서는 실체의 정의와 함께 실체의 성질, 분류, 상태, 수량, 특성 등과 같

은 속성(attribute)을 세부 정보로 갖는다. 속성의 선택은 업무분석의 접근방법과 구현 범위에 따라 달라질 수 있다. 속성의 예로 수입화물에서는 적하목록번호, 적하목록, 입고번호, 반입일시, 장치위치, 선하증권번호, 반입근거, 체화예정날짜 등을 선정하였다. 또한 속성 중에서 실체를 유일하게 구분할 수 있는 단일 속성 또는 속성 그룹을 식별자라고 하며 '+'기호를 사용하여 일반 속성과 구분하여 표시하였고, 그 예로 수입화물에서는 적하목록번호 및 적하목록을 식별자로 선정하였다.

그리고 ERD에서는 실체와 실체 사이의 관계(relationship)를 표현하기 위해 차수를 사용한다. 차수의 표현에서 까마귀 발(crow foot) 기호는 일대 다의 관계를 가리키고, 실선 모양의 기호는 일대 일의 관계를 표현한다. 그 예로 수입반입예정과 수입화물은 일대 일의 관계로 표현된다.



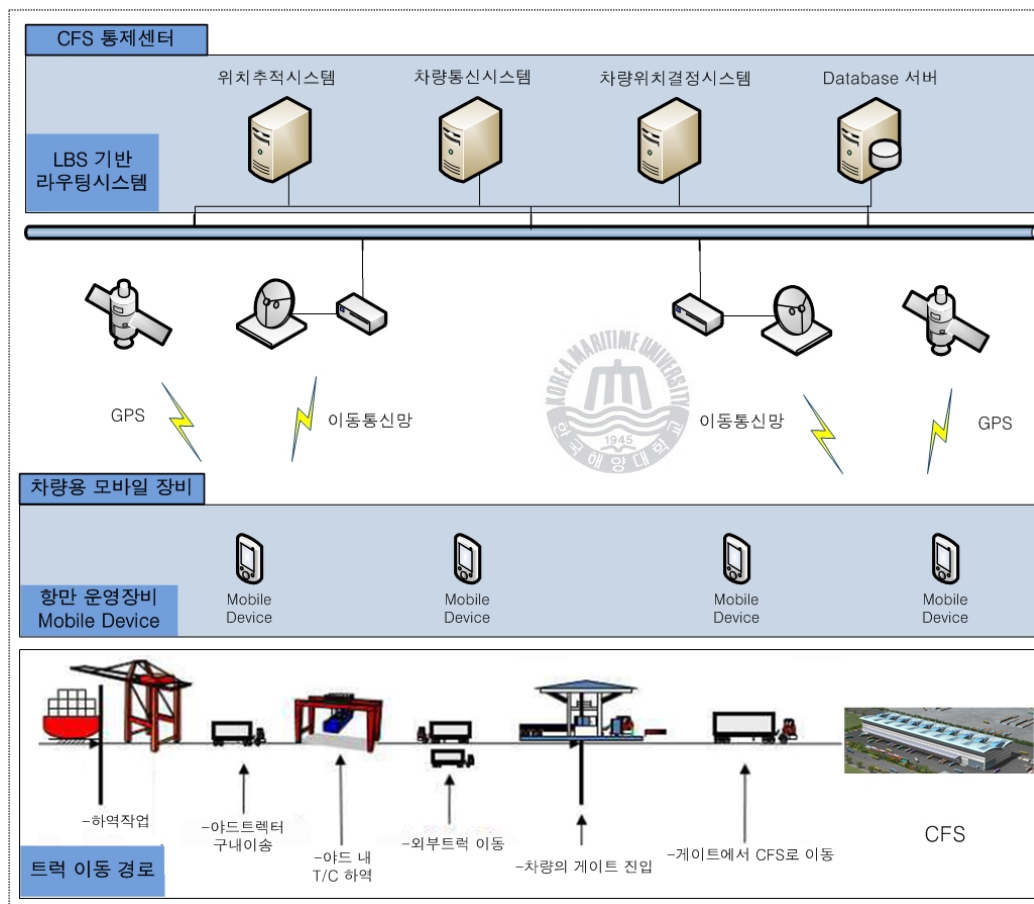


<그림 3-17> CFS 수입화물 반출입 데이터 ERD 모델

## 4. 시스템 아키텍처 모델링

### 4.1 시스템 구조

시스템 구조는 <그림 3-18>과 같이 GPS와 차량용 모바일 장비를 이용한 위치 추적 장치로 이동 중인 차량의 현재 위치정보를 실시간으로 차량 관제실로 제공한다. 여기에서는 위치추적을 위해 LBS방식의 무선측위기술을 이용한다. 배후단지의 공공부지에 통신통제센터를 설립하고 센터에는 위치추적시스템, 차량통신시스템, 차량위치결정시스템 및 데이터베이스 서버를 구성한다.



<그림 3-18> 시스템의 전체 구조도

위치추적시스템은 차량으로부터 수신된 차량의 이동 경로를 추적하고 관리하여 차량 관리자에게 전송하는 시스템이다. 먼저 무선측위를 위해 차량에는 무선 단말기에 GPS 수신기 등 신호 수신 장치를 장착하여 위성의 위치 신호를 좌표값으로 계산한다. 좌표값의 계산방법은 삼각측량의 기본 원리를 사용하여 위성 신호가 수신되는 지점에 교차하는 두 변의 길이를 측정함으로써 현재 지점의 위치를 결정한다.

차량통신시스템은 차량의 무선 단말기에서 결정된 차량의 현재 위치값을 관제실로 수집하기 위해 사용하는 무선통신시스템이다. 무선 단말기와의 통신을 위해 상용무선통신망을 이용한다. 상용무선통신망은 크게 기지국과 이동통신교환국으로 구성된다. 이동국은 서비스 영역 내에서 이동하는 무선 단말기를 말하며 기지국과 무선채널을 통하여 통신한다. 기지국은 자신이 관할하는 셀 내에 있는 이동국에서 발사된 신호를 무선채널로 수신하여 이동통신교환국으로 전송하고, 역으로 이동통신 교환국으로부터 오는 신호를 무선채널을 통하여 이동국에 송신하는 기능을 수행한다. 이동통신교환국은 공중전화통신망과 이동통신망의 인터페이스 역할을 담당하여 사용자들에게 회선교환서비스를 제공하며 무선자원의 관리와 이동국의 위치를 추적한다.

차량위치결정시스템은 차량의 <그림 3-19>와 같이 무선 단말기로부터 수신된 절대 좌표값을 상대좌표값으로 변환하고, 지도상에 <그림 3-20>과 같이 현재 위치를 화면에 그려주는 시스템이다. 또한 차량위치결정시스템은 차량의 위치를 맵 매핑(map mapping)하여 트레일러가 움직이는 구간의 통행시간이나 속도를 산출하는 기능도 함께 제공한다.

데이터베이스(database) 서버는 배후단지 개별 물류업체에서 수행하는 수입 화물 입고, 수입화물 출고, 수입화물 체화, 수입화물 분할, 수입화물 입고, 수출 화물 출고 작업 등의 처리 데이터를 중앙에서 집중 관리하는 기능을 제공한다.



## 4.2 시스템 인터페이스

### 1) CFS 반·출입 관리

CFS는 수입 LCL 컨테이너들이 적출작업을 수행한 후 내장화물들이 반출될 때까지 적송품 형태로 보관되며, 수출화물들이 공 컨테이너에 적입되는 장소로써 컨테이너의 이동과 작업에 가장 많은 시간이 소요된다.

<그림 3-21>은 CFS에 반입된 컨테이너의 현재 상태와 세부내역을 조회하는 화면으로 컨테이너 번호, 선명, 크기, 형태, 도착지, 중량, 봉인번호, 반입일시 등을 확인할 수 있다.

| CNTR No.    | STS | VVD    | ISO  | SZ/TP | POD   | WEIGHT | SEAL NO | INPUT DATE | CONFIRM DATE | OPR |
|-------------|-----|--------|------|-------|-------|--------|---------|------------|--------------|-----|
| MAEU1175532 | XSF | KKIC04 | 2200 | DC20  | AEDXB | 35780  | 698158  | 2010-03-03 | 2010-03-03   | HMM |
| AMFU1388830 | XSF | KKIC04 | 4310 | DC20  | SGSIN | 25080  | 696678  | 2010-03-03 | 2010-03-03   | HMM |
| CRXU1422725 | XSF | KMOD03 | 2200 | DC20  | SGSIN | 14630  | 696661  | 2010-03-03 | 2010-03-03   | HMM |
| CRTU3099101 | XSF | HHEM02 | 2200 | FR40  | SGSIN | 5270   | 698991  | 2010-03-03 | 2010-03-03   | HMM |
| HDMU2513826 | XSF | HHEM02 | 2200 | DC20  | KRPUS | 32620  | 698692  | 2010-03-03 | 2010-03-03   | HMM |
| AMFU3790088 | XSF | KMOD03 | 4310 | DC40  | SGSIN | 17000  | 697908  | 2010-03-03 | 2010-03-03   | HMM |
| CRTU3717671 | XSF | HHEM02 | 2200 | DC20  | SGSIN | 12120  | 698882  | 2010-03-02 | 2010-03-02   | HMM |
| HDMU3788755 | XYF | KKIC04 | 4300 | DC20  | SGSIN | 10620  | 1322601 | 2010-03-02 | 2010-03-02   | HMM |
| MAEU3343585 | MOF | KMOD03 | 2200 | DC20  | SGSIN | 17710  | 1326200 | 2010-03-02 | 2010-03-02   | HMM |
| AMFU3575643 | MOF | KMOD03 | 2200 | DC20  | AEDXB | 33740  | 1329386 | 2010-03-02 | 2010-03-02   | KMD |
| KMTU1455692 | MOF | HHEM02 | 2200 | FR40  | SGSIN | 28410  | 1326420 | 2010-03-02 | 2010-03-02   | KMD |
| CRXU2038085 | MOF | KMOD03 | 2200 | DC20  | AEDXB | 14190  | 1329242 | 2010-03-02 | 2010-03-02   | KMD |
| HDMU2419507 | MOF | KKIC04 | 4300 | DC20  | SGSIN | 20700  | 1321164 | 2010-03-02 | 2010-03-02   | KMD |
| HDMU1081231 | MOF | KKIC04 | 2200 | DC20  | SGSIN | 32890  | 696257  | 2010-03-02 | 2010-03-02   | KMD |
| HDMU2268941 | XYF | KKIC04 | 4310 | DC20  | KRPUS | 9240   | 1329088 | 2010-03-02 | 2010-03-02   | KMD |
| MAEU2988557 | XYF | KKIC04 | 2200 | FR40  | SGSIN | 14630  | 1329925 | 2010-03-02 | 2010-03-02   | KMD |
| AMFU1192605 | XYF | KMOD03 | 2200 | DC20  | SGSIN | 11630  | 698821  | 2010-03-02 | 2010-03-02   | KMD |
| CRXU3707212 | MOF | KMOD03 | 2200 | FR40  | SGSIN | 31300  | 1328763 | 2010-03-02 | 2010-03-02   | KMD |
| MAEU3096430 | MOF | KKIC04 | 2200 | DC20  | KRPUS | 28610  | 1323920 | 2010-03-02 | 2010-03-02   | KMD |
| HDMU2627220 | XYF | HHEM02 | 4300 | DC40  | SGSIN | 26760  | 698546  | 2010-03-02 | 2010-03-02   | KMD |
| MAEU2891517 | MOF | HHEM02 | 2200 | DC20  | SGSIN | 22650  | 1324444 | 2010-03-02 | 2010-03-02   | KMD |
| AMFU2355052 | MOF | HHEM02 | 4310 | FR40  | SGSIN | 25880  | 1327123 | 2010-03-02 | 2010-03-02   | KMD |
| CRXU3254158 | MOF | KMOD03 | 2200 | DC20  | AEDXB | 38420  | 1328149 | 2010-03-02 | 2010-03-02   | KMD |

<그림 3-21> CFS 반입 관리



## 2) 게이트 관리

게이트 관리는 외부차량 및 셔틀 차량의 반입과 반출을 관리하는 시스템으로 게이트에서 컨테이너의 반·출입 업무를 주로 수행한다. 반·출입 업무는 사전에 약 정보를 이용하여 게이트를 통과하는 차량의 장치장 지정과 컨테이너의 오류 유무를 확인한다.

<그림 3-22>는 반입일자를 기준으로 게이트를 통과하는 셔틀 차량의 반·출입 정보를 모니터링하는 화면이다. 자동 갱신(auto refresh) 방법을 통해 정해진 시간간격으로 반·출입 정보가 자동 갱신되는 과정을 보여 주고 있다. 또한 사용자가 입력하는 검색조건에 따라 반입 및 반출되는 자료가 정렬되어 화면에 표시되는 과정을 보여주고 있다.

Gate Monitoring

파일(F) 편집(E) 보기(V) 도구(T) 테스트(S) 도움말(H)

AUTO REFRESH10

OPERATORALLGATEALLF / EALLCNTR NOALLKINDALL

통과전 OPTION

게이트통과여부ALL차량번호전송자 ID반입일자2010-03-30 ~ 2010-03-30Excel 출력

조건 검색Full Text검색

| STATUS | CONTAINER  | OPR | COPTN1 | TRK  | YARD | FE | SZ | TP | CT | VVD   | POD   | LOCATION    | RF | DG | SEAL    | WGT      | PERSON     | DATE       |
|--------|------------|-----|--------|------|------|----|----|----|----|-------|-------|-------------|----|----|---------|----------|------------|------------|
| 반출요청   | AEDXB20490 | CMA | ACEL   | 6121 |      | E  | 20 | RF | RD | HH... | KRPUS |             |    |    | 8609201 | 0        | ACELC051   | 2010-03-30 |
| 반출요청   | SGSIN16410 | CMA | CITM   | 9808 |      | E  | 20 | DC | SD | HH... | SIKOP | 3D-23-01-06 |    |    | 8006688 | 0        | CITMC050   | 2010-03-30 |
| 반입요청   | SGSIN13890 | APL | ACEL   | 8041 |      | E  | 20 | DC | SD | HH... | KRPUS |             |    |    | 7881118 | 14475    | ACELC050   | 2010-03-30 |
| 반입요청   | SGSIN39400 | APL | ACEL   | 5521 | XY2  | E  | 20 | DC | SD | CM... | KRPUS |             |    |    | 8172777 | 17637    | ACELC051   | 2010-03-30 |
| 반입요청   | KRPUS24920 | SKR | CITB   | 6265 | XY2  | F  | 20 | DC | SD | AS... | KRPUS |             |    |    |         | 12492    | CITBC051   | 2010-03-30 |
| 반출요청   | SGSIN7990  | SKR | CITB   | 2462 | XY2  | F  | 40 | DC | SD | HH... | KRPUS |             |    |    |         | 0        | CITBC050   | 2010-03-30 |
| 반출요청   | SGSIN12470 | APL | ACEL   | 5045 | XY2  | F  | 43 | RF | RD | HH... | KRPUS |             |    |    | 7598106 | 0        | ACELC050   | 2010-03-30 |
| 반출요청   | SGSIN14440 | APL | CITB   | 7760 |      | E  | 20 | DC | SD | HH... | KRPUS |             |    |    | 6179292 | 0        | CITBC051   | 2010-03-30 |
| 반입요청   | SGSIN22950 | APL | CITM   | 7958 |      | E  | 40 | DC | SD | CM... | KRPUS |             |    |    |         | 16839    | CITMC050   | 2010-03-30 |
| 반입요청   | AEDXB34590 | APL | ACEL   | 6190 |      | E  | 20 | DC | SD | AS... | KRPUS |             |    |    | 8787260 | 17305    | ACELC051   | 2010-03-30 |
| 반입요청   | SGSIN15370 | APL | ACEL   | 1217 |      | E  | 20 | DC | SD | HH... | ITGOA | 2D-23-01-04 |    |    | 6665727 | 10682    | ACELC051   | 2010-03-30 |
| 반출요청   | AEDXB33870 | SKR | ACEL   | 5270 |      | E  | 20 | DC | SD | HH... | ITGOA | 2D-23-01-03 |    |    | 8659829 | 0        | ACELC051   | 2010-03-30 |
| 반출요청   | SGSIN30010 | APL | CITM   | 8198 |      | E  | 20 | DC | SD | CM... | KRPUS |             |    |    |         | 0        | CITMC050   | 2010-03-30 |
| 반출요청   | SGSIN36240 | APL | CITB   | 6094 | XY2  | E  | 20 | DC | SD | HH... | KRPUS |             |    |    |         | 0        | CITBC050   | 2010-03-30 |
| 반입요청   | KRPUS11300 | APL | ACEL   | 3735 | XY   | E  | 20 | DC | SD | HH... | KRPUS |             |    |    | 16576   | ACELC050 | 2010-03-30 |            |
| 반출요청   | SGSIN13880 | APL | ACEL   | 8037 |      | F  | 20 | RF | RD | HH... | KRPUS |             |    |    | 7046353 | 0        | ACELC050   | 2010-03-30 |
| 반출요청   | SGSIN29690 | SKR | CITM   | 9761 |      | F  | 40 | DC | SD | CM... | KRPUS |             |    |    | 7048420 | 0        | CITMC050   | 2010-03-30 |
| 반출요청   | SGSIN10360 | APL | ACEL   | 6514 |      | E  | 20 | DC | SD | CM... | KRPUS |             |    |    | 6961014 | 0        | ACELC050   | 2010-03-30 |
| 반출요청   | KRPUS27140 | APL | ACEL   | 6809 |      | E  | 20 | DC | SD | CM... | SIKOP | 3D-23-01-04 |    |    | 6973277 | 0        | ACELC051   | 2010-03-30 |
| 반출요청   | SGSIN38650 | APL | CITB   | 3950 |      | E  | 20 | DC | SD | CM... | SIKOP | 3D-23-01-03 |    |    |         | 0        | CITBC050   | 2010-03-30 |
| 반입요청   | SGSIN39940 | APL | CITB   | 2611 | XY   | F  | 40 | OT | SD | HH... | KRPUS |             |    |    | 7864850 | 12931    | CITBC050   | 2010-03-30 |
| 반출요청   | SGSIN7980  | CMA | ACEL   | 4215 | XY   | E  | 20 | OT | SD | HH... | KRPUS |             |    |    | 8088877 | 0        | ACELC051   | 2010-03-30 |
| 반출요청   | AEDXB5550  | APL | CITM   | 5652 |      | E  | 20 | DC | SD | AS... | KRPUS |             |    |    |         | 0        | CITMC050   | 2010-03-30 |
| 반출요청   | SGSIN13280 | CMA | CITM   | 5147 |      | F  | 20 | DC | SD | HH... | KRPUS |             |    |    | 8881852 | 0        | CITMC051   | 2010-03-30 |
| 반출요청   | SGSIN13280 | CMA | CITM   | 5147 |      | F  | 20 | DC | SD | HH... | KRPUS |             |    |    |         | 0        | CITMC051   | 2010-03-30 |

<그림 3-22> 게이트 반·출입 관리 화면



### 3) 컨테이너 정보관리

컨테이너의 이동 정보는 수출 컨테이너 반입, 수입컨테이너 반출, 공 컨테이너의 반·출입 등이 있으며 컨테이너의 상태 정보는 화물해체, 화물적입, 공 컨테이너 보관 등이 있다. 이러한 컨테이너의 이동과 상태 정보는 컨테이너 번호를 통해 연도별, 항차별 이력정보의 조회가 가능하고 게이트 통과 시간과 게이트 번호 등을 확인할 수 있다.

컨테이너별 개별 정보는 게이트관리 및 장치장관리, 컨테이너의 위치 추적 시스템과 연계되어 물류흐름의 가시성 확대와 물류관리의 효율화를 증대시킨다. <그림 3-23>은 컨테이너의 이동정보를 조회하고 컨테이너의 세부내역 및 게이트에서의 반·출입 정보를 표시하는 화면이다.

| YEAR | VSL/VOY | CONTAINER   | CSQ | DATE       | TIME   | STS | LOCATION    | PERSON  |
|------|---------|-------------|-----|------------|--------|-----|-------------|---------|
| 2010 | MASR02  | GESU4637394 |     | 2010-04-02 | 214147 | IU  | 11-20-04-05 | DFJFLE  |
| 2010 | MASR02  | GESU4637394 |     | 2010-04-02 | 151890 | IY  | 11-20-04-05 | SKFNGL  |
| 2010 | MASR02  | GESU4637394 |     | 2010-04-02 | 109922 | IU  | 11-20-04-05 | KFJEIO  |
| 2010 | MASR02  | GESU4637394 |     | 2010-04-02 | 199247 | IT  | 11-20-04-05 | AJQNDL  |
| 2010 | MASR02  | GESU4637394 |     | 2010-04-02 | 185388 | IO  | 11-20-04-05 | SHFIEL  |
| 2010 | MASR02  | GESU4637394 |     | 2010-04-02 | 114934 | IB  | 11-20-04-05 | DNVKED  |
| 2010 | MASR02  | GESU4637394 |     | 2010-04-02 | 125345 | IU  | 11-20-04-05 | AKSHQL  |
| 2010 | MASR02  | GESU4637394 |     | 2010-04-02 | 121150 | IU  | 11-20-04-05 | SJGUEG  |
| 2010 | MASR02  | GESU4637394 |     | 2010-04-02 | 191007 | IT  | 11-20-04-05 | EKDOEK  |
| 2010 | MASR02  | GESU4637394 |     | 2010-04-02 | 120137 | IO  | 11-20-04-05 | SLDIHX  |
| 2010 | MASR02  | GESU4637394 |     | 2010-04-02 | 159652 | IB  | 11-20-04-05 | EJKHEIG |
| 2010 | MASR02  | GESU4637394 |     | 2010-04-02 | 177733 | IU  | 11-20-04-05 | ENDKEL  |
| 2010 | MASR02  | GESU4637394 |     | 2010-04-02 | 106632 | IY  | 11-20-04-05 | FHGOEI  |
| 2010 | MASR02  | GESU4637394 |     | 2010-04-02 | 206394 | IU  | 11-20-04-05 | XNDKEO  |
| 2010 | MASR02  | GESU4637394 |     | 2010-04-02 | 175335 | IT  | 11-20-04-05 | SKDOFH  |
| 2010 | MASR02  | GESU4637394 |     | 2010-04-02 | 176997 | IO  | 11-20-04-05 | DFJFLE  |
| 2010 | MASR02  | GESU4637394 |     | 2010-04-02 | 148564 | IB  | 11-20-04-05 | SKFNGL  |

<그림 3-23> 컨테이너 정보관리 화면

## IV. 실시간 라우팅 운영규칙 설계

### 1. 운영규칙 설계를 위한 조건

배후단지 물류업체들의 기존 화물 운송방식은 각 업체별로 차량을 보유하거나 임대하여 운송 수요가 발생할 때마다 운행을 함으로써 인접한 업체간 집약효과(clustering effect)의 이점을 충분히 활용하지 못하고 있었다. 운송방식에서 집약효과를 발휘하고 운행 차량의 풀링 및 듀얼사이클링을 실행하기 위해서는 배후단지의 운송을 동일 영역의 작업으로 간주 하고 일정수준의 운영규칙을 마련해야 한다.

이 운영규칙에는 항만과 물류업체 간에 일상적으로 처리하는 계획 활동과는 다른 집하방식, 공차운행의 방지, 교통 혼잡으로 인한 경로우회, 다른 물류업체간 화물혼재 또는 추가적입 등의 사건을 동시에 처리하기 위한 다음과 같은 전제 조건들이 포함되어야 한다.

첫째, 운행차량의 가용도를 최대화하면서 최소한의 차량이 운행될 수 있도록 차량의 풀링 운영이 필요하다. 풀링 운영을 통해 제한된 장비들을 효과적으로 배분하고 업체별 운송의 공동화를 도모해야 한다. 또한 운행차량들의 공동배차와 반복배차를 통해 배후단지 물류업체에서 발생하는 전체 화물량을 처리할 수 있는 최소 규모의 차량대수를 산출해야 한다.

둘째, 차량의 한 번 운행에 복수의 물류업체로부터 화물의 적하 또는 양하, 항만으로부터 적재된 화물을 목적지 물류업체에 양하한 후 다른 물류업체로부터 화물을 적하할 수 있는 듀얼사이클링이 가능해야 한다. 화물을 적재하고 어느 물류업체로 운송할 것인가에 관한 명령, 양하 후 어느 물류업체로부터 발생한 화물을 적재하고 돌아갈 것인가에 관한 명령이 적시되어야 한다.

셋째, 실시간위치정보를 이용한 화물운송차량의 가용성 및 효율성을 최대화하는데 있어서 배후단지 물류업체들은 물론, 항만의 작업효율성이 동시에 고려되어야 한다. 항만의 화물을 가장 신속하게 양륙할 수 있는 차량대기지점 선정, 항만 및 개별 물류업체에서의 차량 대기시간 최소화를 가능하게 하는 일정계

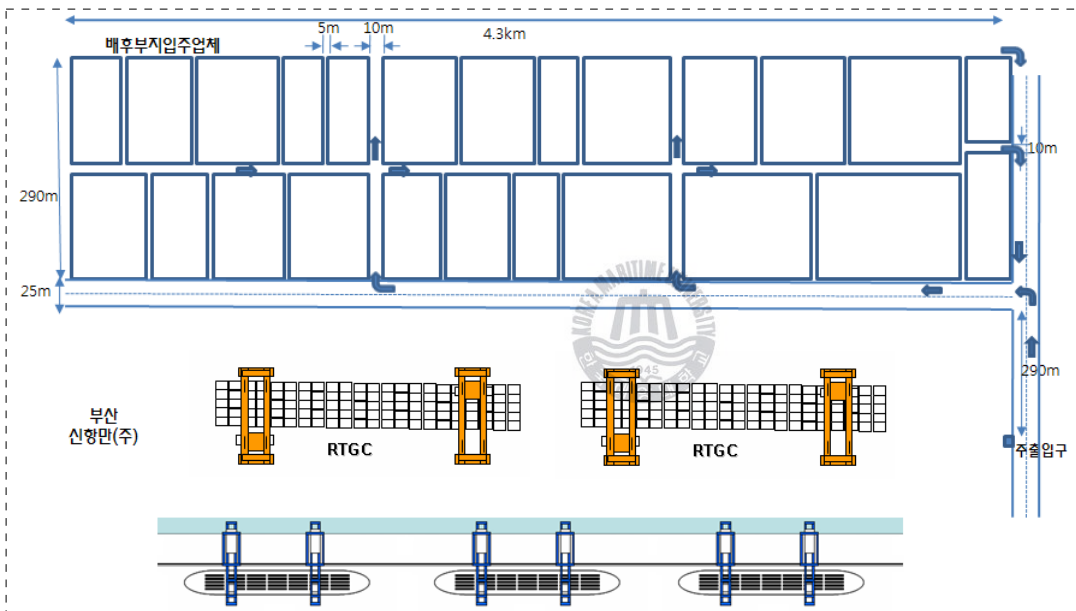
획, 차량의 공차운행비율을 최소화할 수 있는 차량 배차 및 작업할당 등을 함께 고려해야 한다.

넷째, 하나 이상의 복수 운송규칙을 보유하여 시점마다 변화하는 실시간 환경에 유연하게 대처할 수 있도록 해야 한다. 컨테이너터미널의 장치장 및 게이트 상황, 개별 물류업체의 발생 화물량 및 시점, 도로 교통상황 등 시시각각 변화할 수 있는 상황들을 감안하여 시점마다 가장 적합한 작업규칙을 적용할 수 있는 대안이 수립되어야 한다.



## 2. 동적계획 적용의 필요성

운영규칙 설계를 위해 먼저 부산항신항 배후단지에 입주한 물류업체들의 배치 구조를 살펴보면 <그림 4-1>과 같다. 배후단지 물류업체들은 컨테이너터미널에 인접한 배후지에 집중적으로 배치되어 있다. 배후단지는 가로 약 4.3km, 세로 약 290m의 거의 장방형의 구조로 구성되어 있으며 컨테이너터미널의 주출입구에서 임항도로까지는 약 290m의 거리이다. 배후단지 내의 이동로는 약 10m 도로 폭을 가지는 편도 1차선의 이면도로이지만 운영규칙 구성의 편의를 위해 일방통행의 운영방식을 채택하였다. 배후단지에는 다수의 물류업체들이 집중되어 있어 동적 작업계획의 효과를 유도할 수 있다.



<그림 4-1> 부산항신항 항만 및 배후단지 물류업체 배치도

동적 작업계획과 관련한 방법론으로 사전에 계획된 순서대로 작업을 진행하기가 어려워 실시간 작업 변경이 필요하거나 불확실한 환경에서 순차적으로 문제를 해결하는 다단계 확률계획(multistage stochastic programming with

resource)이 있다(Cheng et al, 2003; Lee and Lee, 2006). 다단계 확률계획은 시간의 흐름에 따라 연속하여 의사결정을 새롭게 정의함으로써 기존에 예측할 수 없었던 사건의 발생에도 유연한 대응이 가능하다(Birge and Louveaux, 1997).

이와 유사한 방법으로 불충분한 정보나 불확실한 환경에서 의사결정을 위해 현재는 물론, 미래에 주어질 결과를 함께 고려한 의사결정 모델로 마코브(Markov) 동적계획이 있다. 불확실하고 복잡한 작업 환경에서는 단일기준의 운영규칙만으로 상황별로 적합한 의사결정을 내리기 어려우므로 가능한 대안을 복수로 제공해야 한다(Liu et al., 2004). 마코브 동적계획은 이러한 불확실하고 복잡한 작업 환경에서 복수의 상황을 가정한 사례집합들을 구성하여 불연속적인 시점을 고려한 확률 통제 과정(discrete time stochastic control process)을 제공할 수 있다.

여기에서 복수의 상황이라 함은 의사결정자가 다수의 대안가운데 선택이 가능한 대안들을 가리키는 것으로, 상황에 해당하는  $c$ 와 해당 상황에 대한 대안에 해당하는  $a$ 를 고려하여 전환확률  $P_a(c)$ 가 이후 전개될 상황으로의 확률을 결정한다(Hiller and Lieberman, 2001).

이후 다음 상황을 맞이하는 의사결정자는 해당 상황에 대하여 보상을 받는 데, 이 시점을 가리켜 동적 상황계획은 마코브 특성이 있다고 한다. 즉,  $t$ 시점에 마코브 동적계획의 상태가 알려져 있다면, 그 다음 시점인  $t+1$ 의 상태 전환은 사건의 불연속적 특성에 따라 기존의 상황과는 직접적 관계없이 이루어짐을 의미한다.

마코브 동적계획은 불확실이 있는 다양한 대기행렬, 네트워크, 작업통제, 순차처리 등의 문제에 적용되어 왔다(Jang et al., 2004; Gilland, 2005; Down and Lewis, 2006). 또한 마코브 동적계획은 결과가 우연한 사건으로 인한 것이면서 일부 의사결정자가 통제할 수 있는 상황을 가정하여 의사결정을 모델링하는데 수학적인 프레임워크를 제공하고 반복적인 학습을 통해 다양한 문제의 최적화에 활용되어 왔다(Howard, 1960). 특히 자동차 수출입 장치장의 상황 변화에 따라 최적의 의사결정을 제공하기 위한 휴리스틱 모델링을 수행한 Kim

등(2005)의 연구는 마코브 동적계획을 운송라우팅에 적용할 수 있는 가능성을 제시하였다.

본 연구의 대상이 컨테이너터미널과 인접한 내륙의 배후단지 물류업체들을 연계하는 운송라우팅 문제를 다룬다는 점에서, Kim 등(2005)이 수행한 양륙된 자동차 상품을 내륙의 VDC(Vehicle Distribution Center)를 통해 일시적으로 장치하고 효율적으로 배송하는 문제를 다룬 연구를 참고할 수 있다.

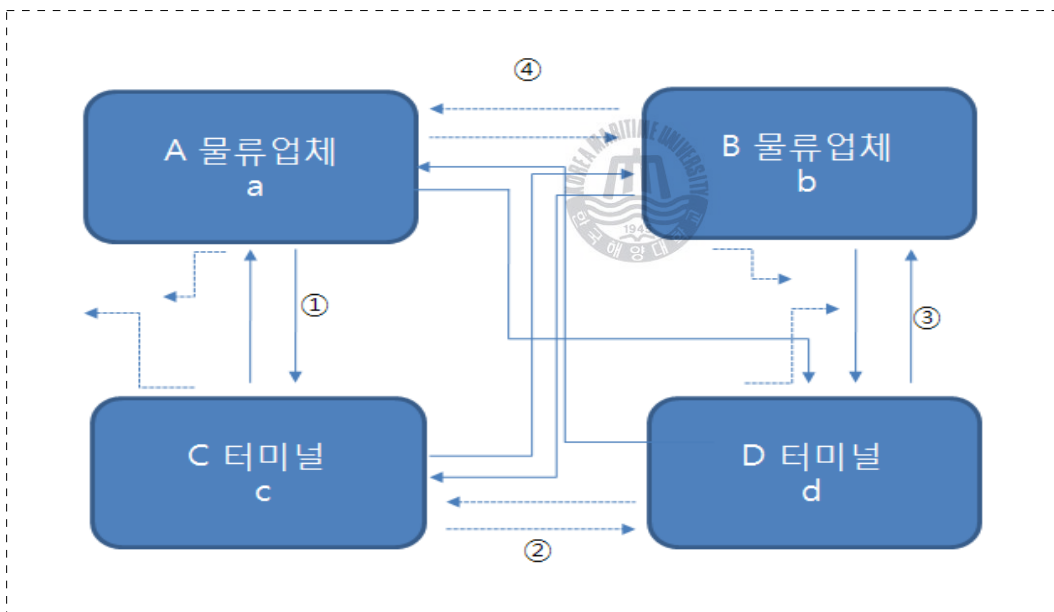
따라서 본 연구에서는 마코브 동적계획을 이용하여 운행차량을 중심으로 주어지는 컨테이너터미널과 배후단지 물류업체간에 발생하는 상황과 관련된 변수 등을 정의하고 운영규칙을 설계하고자 한다. 또한 본 연구에 동적계획을 적용해야 하는 필요성을 다음과 같이 정리한다.

첫째, 운행차량의 풀링을 위해서는 투입되어야 할 차량의 적정대수를 확정해야 하며 이것은 반복 시행을 통해 상황에 따른 운행 차량대수를 조절해가는 과정이 동반된다. 둘째, 한 번의 셔틀운송에서 복수의 물류업체와 컨테이너터미널을 경유하는 듀얼사이클링이 가능하려면 상황에 적합한 라우팅 순서를 배정할 수 있어야 한다. 셋째, 실시간 작업 환경에서 의사결정을 내리는 경우 배후단지 물류업체의 상황과 컨테이너터미널의 상황을 동시에 고려할 수 있어야 한다. 즉, 동적계획을 적용함으로써 시간의 흐름에 따른 다수의 상황 변화에 적합한 다수의 대안을 제시할 수 있어야 하므로, 시점별 상이한 의사결정을 통한 복수의 운송규칙을 보유해야 한다.

### 3. 운영규칙 정의

#### 3.1 의사결정시점과 상황변수

항만에 입항한 선박의 화물이 양하된 이후 배후단지 물류업체에 운송되거나 물류업체로부터 컨테이너터미널로의 운송은 일부 사전에 예약된 물량을 제외하고 대부분 상황에 종속적이다. 즉 동적인 상황 변화에 따라 다수의 미래시점이 발생하고 시점별 상이한 의사결정과 상황변수를 갖는 복수의 운영규칙이 마련되어야 한다. 이러한 전제 조건을 만족하는 운영규칙을 정의하기 위해 물류업체간이나 터미널간에는 운송요청이 없는 것으로 가정하고 배후단지 물류업체 및 컨테이너터미널을 운송 연결점(node)으로 입항도로 및 이면도로를 방향성을 갖는 운송경로(link)로 추상화하여 <그림 4-2>와 같이 나타내었다. 운송경로에서 실선은 적재운행이 점선은 공차운행이 수행되는 구간을 의미한다.



<그림 4-2> 터미널과 물류업체간 차량 운행의 개념적 관계

배후단지에 위치한 다수의 물류업체와 다수의 터미널간을 연결하는 운송경로는 카티전(cartesian)곱의 관계로 증가하기 때문에 관계의 복잡성을 단순화하기 위해 2개의 물류업체와 2개의 컨테이너터미널만을 대상으로 축소하며 운송경로도 유사한 경우나 동일한 경우는 배제하고 ①~④의 운송경로만을 대상으로 단순화하여 <표 4-1>에 나타내었다.

<표 4-1> 차량운행 방향의 개념적 설정

| 출발지 \ 목적지 | a   | b   | c   | d   |
|-----------|-----|-----|-----|-----|
| a         |     |     | 구간① |     |
| b         | 구간④ |     |     |     |
| c         |     |     |     | 구간② |
| d         |     | 구간③ |     |     |

배후단지 물류업체가 컨테이너터미널의 장치장으로 화물운송을 요청 하면 이 시점부터 운송 계획이 시작되는데 이때 시간  $t(t \in T)$ 는 운송을 계획하는 시점이며 작업개시로부터 의사결정 시점은 각각  $T = \{1, 2, \dots, n\}$ 이 되며  $n$ 은  $n < \infty$ 이 된다. 이 때 상황변수( $C_t$ )는  $t$ 시점에서의 특정 장치장 내부의 상황이 된다.

각 컨테이너터미널의 장치장에 있는 컨테이너 개수가  $t$ 시점의 상황변수로 고려될 수 있으나 장치장의 규모에 의존할 경우 순전히 장치장의 면적에만 종속될 수 있으므로 첫째, 사전 예정된 운송시간을 달성하기 위한 계획 가능성 둘째, 운송차량의 최대 적재율 달성을 통한 효율성 극대화 셋째, 공차운행 최소화를 통한 차량 가용성의 극대화 등을 상황변수의 기준으로 결정한다.

이들 상황변수의 기준 3가지를 기반으로  $t$ 시점의 특정 장치장의 상황  $C_t$ 는 각각  $SA_t, ME_t, EM_t$ 의 집합이 된다. 여기에서  $SA_t$ 는 계획 가능성(Scheduling Availability),  $ME_t$ 는 효율성 극대화(Maximizing Efficiency),  $EM_t$ 은 공차운행 최소화(Empty Minimized)를 의미하며 규칙 적용에 따른 효율 성과 및 서비스 평가를 위한 기준으로 사용된다.



운송 차량의 총소요시간(Total Expenditure: TE)은 (식 10)과 같이 구간 ①부터 ④까지 이동에 소요된 개별 시간의 합과 같다.

$$TE = \sum_{o \in O} \sum_{d \in D} x_{od}^t m_{od} \dots \dots \dots (\text{식 10})$$

$$O = \{a, c, d, b\},$$

$$D = \{c, d, a, b\}$$

차량운행 소요시간을 구간별로 구분하면 (식 11), (식 12), (식 13), (식 14)와 같다.

$$\text{구간①} \sum_{a \in A} \sum_{c \in C} x_{ac}^t m_{ac} \dots \dots \dots (\text{식 11})$$

$$\text{구간②} \sum_{c \in C} \sum_{d \in D} x_{cd}^t m_{cd} \dots \dots \dots (\text{식 12})$$

$$\text{구간③} \sum_{d \in D} \sum_{b \in B} x_{db}^t m_{db} \dots \dots \dots (\text{식 13})$$

$$\text{구간④} \sum_{b \in B} \sum_{a \in A} x_{ba}^t m_{ba} \dots \dots \dots (\text{식 14})$$



여기에서,

- ① a는 A물류업체의 식별번호이며,  $a \in A$ ,  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_j\}$
- ② b는 B물류업체의 식별번호이며,  $b \in \{b_1, b_2, b_3, \dots, b_p\}$
- ③ c는 C터미널 장치장의 식별번호이며,  $c \in C$ ,  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_k\}$
- ④ d는 D터미널 장치장의 식별번호이며,  $d \in \{d_1, d_2, d_3, \dots, d_q\}$
- ⑤ m은 차량의 컨테이너 운송소요시간  $m \in \{1m, 2m, 3m, \dots, nm\}$ ,  $n < \infty$

차량운행의 총소요시간 및 평균소요시간을 계산하기 위해 컨테이너터미널의 장치장과 배후단지 물류업체사이에 운행 중인 차량의 수는 동일하다고 가정한다. 즉, t시점에서 차량이 적재한 총 컨테이너 개수는 이 구간을 이동하는 차량의 대수가 되며, t시점에서 차량의 운행 소요시간은 각 구간을 이동하는데 소

요된 시간으로 구할 수 있다.

A물류업체로부터 C터미널의 장치장 구간과 D터미널의 장치장으로부터 B물류업체까지의 구간은 차량이 컨테이너를 적재한 상태이다. 따라서 이 구간을 이동한 차량의 대수는 늘이고 공차로 회차하는 경우는 줄이며 평균운행시간은 최소화 하는 것이 차량의 가용도를 최대화하는 것이다.

이 구간에서의 차량의 평균운행시간  $WE_t$ 는 (식 15)와 같다.

$$WE_t = \text{구간①} + \text{구간③} = \frac{\sum_{a \in A} \sum_{c \in C} x_{ac}^t m_{ac}}{\sum_{a \in A} \sum_{c \in C} x_{ac}^t} + \frac{\sum_{d \in D} \sum_{b \in B} x_{db}^t m_{db}}{\sum_{d \in D} \sum_{b \in B} x_{db}^t} \dots\dots\dots (\text{식 15})$$

여기서  $x_{ac}^t$ 는 t시점에 A물류업체로부터 C터미널의 장치장까지 이동하는 차량의 소요대수이고  $x_{db}^t$ 은 t시점에 D터미널의 장치장으로부터 B물류업체까지 이동하는 차량의 소요대수이다.

또한 C터미널의 장치장으로부터 D터미널의 장치장 구간과 B물류업체로부터 A물류업체까지의 경로는 듀얼사이클링에 따라 다른 컨테이너를 적재하기 위해 이동하는 구간이다. 따라서 이 구간을 이용하는 차량의 대수는 늘이고 평균운행시간은 최소화하는 것이 차량의 가용도를 최대화하는 것이다.

이 구간에서의 차량의 평균운행시간  $EE_t$ 는 (식 16)과 같다.

$$EE_t = \text{구간②} + \text{구간④} = \frac{\sum_{c \in C} \sum_{d \in D} x_{cd}^t m_{cd}}{\sum_{c \in C} \sum_{d \in D} x_{cd}^t} + \frac{\sum_{b \in B} \sum_{a \in A} x_{ba}^t m_{ba}}{\sum_{b \in B} \sum_{a \in A} x_{ba}^t} \dots\dots\dots (\text{식 16})$$

여기서  $x_{cd}^t$ 는 t시점에 C터미널의 장치장에서 D터미널의 장치장까지 듀얼사이클링을 위해 이동하는 차량의 소요대수이고  $x_{ba}^t$ 은 t시점에 B물류업체에서 A물류업체까지 듀얼사이클링을 위해 이동하는 차량의 소요대수를 가리킨다.

## 3.2 운송라우팅 규칙의 정의

### 1) 수출대상 컨테이너화물 운송라우팅 규칙

수출대상 컨테이너화물의 운송라우팅 규칙은 특정 차고지에 대기하고 있는 차량의 상황과 화물 운송을 요청한 물류업체 및 목적지인 장치장의 작업 상황을 고려하여 가능한 대안집합을 구성해야 한다. 여기에는 어떤 차량이, 어느 물류업체로부터 어느 컨테이너터미널의 장치장으로 운송할 것인가에 관한 상황을 고려한 규칙이 필요한데, 차량의 대기시간을 최소화하고 운송 가용성을 최대화하기 위한 목적을 갖는다. 첫째, 가능한 최단의 소요시간을 갖는 경로를 통한 운송라우팅이 되어야 한다. 둘째, 가능한 사전에 예정된 운송계획을 준수할 수 있는 규칙이 정의 되어야 한다. 이에 따라 가능한 운송라우팅 대안 집합은  $P_1 = \{P_{SE}, P_{SW}, P_{FP}\}$ 이 된다. 이때,  $P_{SE}$ 는 최소소요시간,  $P_{SW}$ 는 최소대기시간,  $P_{FP}$  사전계획이행이다.

#### (1) 최소소요시간 운송라우팅 규칙

최적의 운송라우팅을 위해서는 화물이 적입된 컨테이너가 장치된 물류업체로부터 n개의 장치장까지 거리와 시간적 측면에서 가장 신속한 경로를 선택하여 컨테이너를 운송해야 한다. 따라서 상차할 물류업체로부터 목적지 장치장까지 거리와 소요시간을 함께 고려한 최소소요시간 규칙은 (식 17)과 같다. 이후의 작업 요청도 같은 규칙에 따라 순차적으로 차량이 배정되며, 이 과정은 차량이 물류업체에 장치된 모든 작업 대상 컨테이너를 상차할 때까지 반복된다.

$$SE_t = \underset{c \in C}{\text{Minimize}} \frac{\sum_{a \in A} x_{ac}^t m_{ac}}{\sum_{a \in A} x_{ac}^t} \dots\dots\dots (\text{식 17})$$

(식 18)은 작업장에 장치된 컨테이너의 개수를 차량의 대수로 나눈 것으로 해당 차량의 작업량을 나타낸다. 이 값이 커질수록 차량의 회전율은 높아진다.

$$VH_t = \frac{AY_{NC}}{N_{VH}} \dots\dots\dots (\text{식 } 18)$$

(식 18)에서  $AY_{NC}$ 는 물류업체의 작업장에 적치된 컨테이너의 개수이며,  $N_{VH}$ 는 컨테이너 운송을 위해 할당된 차량의 대수를 가리킨다.

## (2) 최소대기시간 운송라우팅 규칙

컨테이너터미널의 장치장으로부터 배후단지 물류업체로 컨테이너를 운송하고 듀얼사이클링을 위해 다음 물류업체로 이동하거나 다음 물류업체에서 화물을 적재하는 과정에서 전체 운송시간을 지체시키는 대기시간이 발생할 수 있다. 이때 물류업체간 이동에 소요되는 대기시간을 최소화하는 규칙이 필요하며 그 규칙은 (식 19)와 같다. 이 규칙은 물류업체에서 장치장으로 운송되어야 할 모든 대상 컨테이너가 상차될 때까지 반복된다.

$$SW_t = \underset{b \in B}{\text{Minimize}} \frac{\sum_{a \in A} x_{ba}^t m_{ba}}{\sum_{a \in A} x_{ba}^t} \dots\dots\dots (\text{식 } 19)$$



## (3) 사전계획이행 운송라우팅 규칙

물류업체가 수출하고자 하는 화물을 컨테이너에 적입하고 항만에 예정된 선박이 입항하기 이전에 컨테이너터미널로 차량이 진입해야만 정시에 화물을 본선에 적부할 수 있다. 따라서 임의로 발생하는 화물을 제외한 사전에 계획된 화물은 선박의 정시재항에 맞춰 적부가 가능하도록 계획된 일정을 준수하는 것이 중요하다. 따라서 사전계획이행 운송라우팅 규칙이 적용되어야 하며 그 규칙은 (식 20)과 같다. 즉, 운송을 위해 수립된 사전계획과 실제 운송라우팅이 대응되도록 해야 한다. 여기에서도 차량이 예정된 선박에 적재되어야 할 모든 컨테이너를 운송할 때까지 반복된다.

$$P_{FP} = \underset{c \in C}{\text{Similarity}} \left( \sum_{a \in A} x_{ac}^t, \sum_{a \in A} \hat{x}_{ac}^t \right) \dots \dots \dots (\text{식 } 20)$$

## 2) 수입대상 컨테이너화물 운송라우팅 규칙

수입화물인 경우 컨테이너터미널의 장치장에 적재된 컨테이너를 상차한 후 배후단지 물류업체로 어떤 경로를 통해 운송해야 할 것인가를 결정해야 한다. 물류업체로 이동하는 컨테이너의 운송방향은 수출대상 컨테이너와는 반대이지만 운송라우팅 규칙은 유사하게 적용되며, 최소소요시간, 최소대기시간, 사전계획이행 등으로 구성된다. 의사결정을 위한 운송라우팅 대안집합은  $P_2 = \{P_{SE}, P_{SW}, P_{FP}\}$ 이며, 여기에서  $P_{SE}$ 는 최소소요시간,  $P_{SW}$ 는 최소대기시간,  $P_{FP}$  사전계획이행이다.

### (1) 최소소요시간 운송라우팅 규칙

최소소요시간 우선규칙은 화물을 운송해야 할 대상 컨테이너가 장치된 컨테이너터미널로부터 n개의 배후단지 목적지 물류업체가운데 거리와 소요시간 면에서 가장 짧은 곳을 선택한다. 최소소요시간 운송라우팅 규칙은 (식 21)과 같다.



$$P_{SE} = \underset{b \in B}{\text{Minimize}} \frac{\sum_{d \in D} x_{db}^t m_{db}}{\sum_{d \in D} x_{db}^t} \dots \dots \dots (\text{식 } 21)$$

### (2) 최소대기시간 운송라우팅 규칙

최초 컨테이너터미널에서 상차한 컨테이너를 배후단지 최초 물류업체로 운송하여 하차시키고 공차로 회차하는 경우를 제외하고, 최초 컨테이너터미널에 배후단지 물류업체로부터 운송된 컨테이너를 하차한 차량이 다음 컨테이너터미널로 듀얼사이클링을 위해 이동하는 과정에서 전체 운송시간의 대기가 발생할 수 있다. 따라서 컨테이너터미널간 이동에 소요되는 대기시간을 최소화하는 규칙

이 필요하며 그 규칙은 (식 22)와 같고 컨테이너터미널의 장치장에서 배후단지 물류업체로 운송되어야 할 모든 대상 컨테이너가 상차될 때까지 반복된다.

$$SW_t = \underset{c \in C}{\text{Minimize}} \frac{\sum_{d \in D} x_{cd}^t m_{cd}}{\sum_{d \in D} x_{cd}^t} \dots\dots\dots (\text{식 22})$$

### (3) 사전계획이행 운송라우팅 규칙

물류업체가 수입하는 화물은 예정된 선박이 항만에 입항하여 컨테이너터미널 장치장에 장치가 된 후, 예정된 계획에 따라 차량을 통해 화물을 목적지인 배후단지 물류업체로 운송하게 된다. 따라서 사전에 계획된 화물은 선박의 정시 입항에 따라 내륙으로의 양륙이 가능해지는데, 이 시간을 준수해야 한다. 즉, 사전에 계획된 바와 같이 운송라우팅이 수행되는 것은 물류업체의 계획가능성에 매우 중요하다. 수출대상 컨테이너 운송과 동일하게 운송을 위해 수립된 사전계획과 실제 운송라우팅이 대응되도록 하는 사전계획이행 운송라우팅 규칙은 (식 23)과 같다. 여기에서도 컨테이너터미널 장치장에 적치된 컨테이너 가운데 목적지 물류업체로 운송되어야 할 모든 컨테이너를 차량이 운송할 때까지 반복된다.



$$P_{FP} = \underset{b \in B}{\text{Similarity}} \left( \sum_{d \in D} x_{db}^t, \sum_{d \in D} \hat{x}_{db}^t \right) \dots\dots\dots (\text{식 23})$$

## 3.3 운송라우팅 규칙 적용에 따른 평가기준 및 전환확률

각 운송라우팅 규칙을 적용할 경우 그 성과를 평가하기 위해서는 기준이 필요하다. 먼저 비용측면에서 각 대안을 선정함에 따라 시점 t에 발생한 비용을  $C(c_t, p_t)$ 로 한다. 여기에서의 비용은 앞서 정의한 3가지 상황변수인 첫째, 일정 수준의 화물운송시간 준수로 물류업체의 일정계획 가능성 둘째, 최대의 운항차

량 적재비율 달성을 통한 효율성 극대화 셋째, 공차운행 최소화를 통한 차량 가용성의 극대화 등과 관련하여 발생하는 비용의 총합으로 보아야 한다. 각 비용은 (식 24), (식 25), (식 26)에 의해 산출한다. 이들 비용은 생산성을 가리키는 효율성과 물류서비스로 구분할 수 있다.

## 1) 효율성 평가

배후단지 물류업체의 운영 효율성면에서 운송 차량의 휴지시간(idle time)을 최소로 하고 전체 운행에서 차지하는 적재비율을 최대로 하는 것이 중요하다. 우선 차량 휴지시간으로 인해 발생하는 기회비용  $IC_t$ 는 다음 (식 24)과 같다.

$$IC_t = \text{차량의 평균휴지시간} \times \text{기회비용}$$

$$= \left( \frac{\sum_{b \in B} \sum_{a \in A} x_{ba}^t m_{ba} + \sum_{c \in C} \sum_{d \in D} x_{cd}^t m_{cd}}{\sum_{b \in B} \sum_{a \in A} x_{ba}^t + \sum_{c \in C} \sum_{d \in D} x_{cd}^t} \right) * IC_{ti} \dots\dots\dots(\text{식 24})$$

여기에서,  $IC_{ti}$ 는 차량의 기회비용을 의미한다.

한편, 사전계획과 실제 운송라우팅간의 차이로 인해 발생하는 비용  $DC_t$ 는 다음 (식 25)와 같다.

$$DC_t = (\text{계획 컨테이너 수} - \text{실제 컨테이너 수}) \times \text{후속작업비용}$$

$$= \sum_{b \in B} \left( \sum_{d \in D} \hat{x}_{db}^t - \sum_{d \in D} x_{db}^t \right) \times C_{fw} \dots\dots\dots(\text{식 25})$$

여기에서,  $C_{fw}$ 는 차이 발생으로 인해 후속되어야 할 작업에 소요되는 비용을 의미한다.

## 2) 물류서비스 평가

항만의 컨테이너터미널은 선사를 주 대상 고객으로 한다. 항만의 관점에서 최우선 서비스 기준은 선박의 재항시간을 준수하는 것이고, 물류업체의 관점에

서 최우선 서비스 기준은 계획된 선박에 제한된 시간 내에 화물을 선적하는 것이다. 따라서 다음과 같이 정시를 초과할 경우에 발생하는 비용을 산정함으로써 서비스 수준을 평가할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 OC_t &= \text{지체시간} * \text{지체비용} \\
 &= N_{vc} \cdot (\text{총작업시간} - \text{작업제한시간}, 0) \times \text{시간당 지체비용} \\
 &= N_{vc} \cdot \left( \sum_{a \in A} \sum_{c \in C} x_{ac}^t m_{ac} + \sum_{c \in C} \sum_{d \in D} x_{cd}^t + \sum_{d \in D} \sum_{b \in B} x_{db}^t m_{db} + \sum_{b \in B} \sum_{a \in A} x_{ba}^t m_{ba} \right. \\
 &\quad \left. - \widehat{PW}, 0 \right) \times C_{ch} \dots\dots\dots (\text{식 } 26)
 \end{aligned}$$

여기에서,  $N_{vc}$ 는 작업에 투입된 총 차량대수,  $\widehat{PW}$ 는 작업제한시간,  $C_{ch}$ 는 시간당 지체비용이다.

### 3) 전환확률

배후단지 물류업체로부터 수출대상인 컨테이너 화물의 선적계획이 사전에 수립되어 있고, 항만의 컨테이너터미널로부터 배후단지 목적지 물류업체로 운송해야 할 컨테이너의 운송계획을 수립할 경우, 해당 시점에 선정된 대안이 적용된 결과가 다음 의사결정 시점에 그대로 전환이 된다. 그러므로 다양한 상황에도 불구하고 본 연구에서 설계된 대안 3가지를 기준으로 한 작업규칙 3가지 가운데 하나가 적용될 수밖에 없으므로 상황의 전환은 사전 결정론적 과정(deterministic process)을 따른다고 보아야 한다. 따라서 (식 27)과 같이  $P_t$ 가 시점  $t$ 에 결정된다면  $t+1$  시점의 상황  $C_{t+1}$ 은 나머지 대안가운데 하나로 자동 결정된다.

$$Pr(c_{t+1}|c_t, P_t) = 1 \dots\dots\dots (\text{식 } 27)$$



## V. 실험 및 기대효과

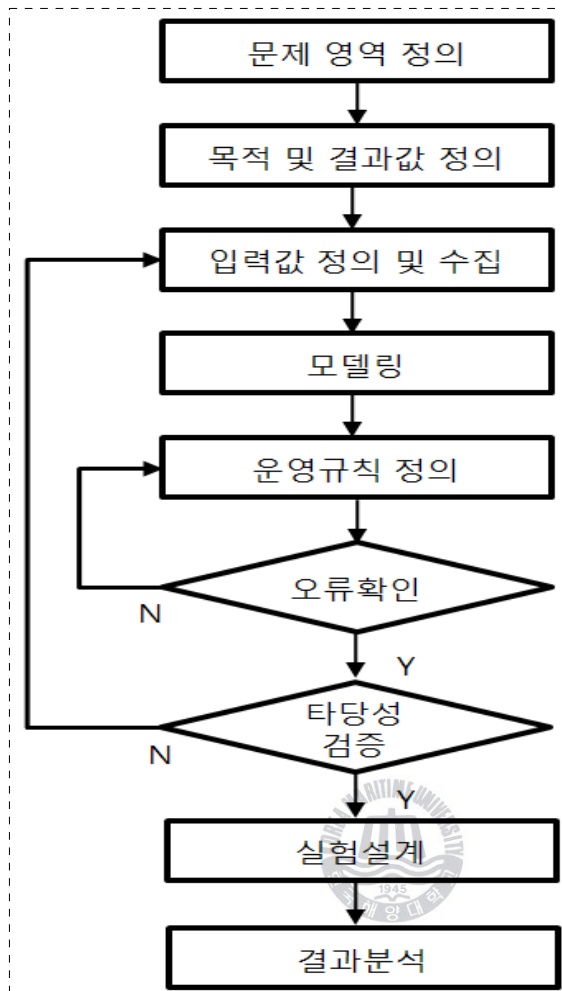
### 1. 시뮬레이션 모델링

#### 1.1 시뮬레이션의 의의

시뮬레이션은 실세계의 다양한 현상을 모방하는 모델을 설계하고, 이를 이용하여 모의실험을 함으로써 시스템의 특성을 이해하며 운영하는 전략을 평가하는 종합적인 과정이다. 또한 실세계의 복잡성을 추상적 모델로 단순화 시키는 과정을 통해 시스템의 거동에 대한 보다 나은 이해를 제공한다. 시뮬레이션은 수치적인 실험을 위해 모델의 상태를 수식으로 만들고 반복적인 연산을 통해 대안별 적합성을 예측하며 민감도 분석을 용이하게 한다. 민감도 분석에는 대기행렬이론, 주기시간 등에 의한 생산성 측면, 시스템 변수들의 상관관계의 관찰 및 시스템의 성능 개선에 의한 비용적 측면, 가상모델을 구축함으로써 얻게 되는 시간적 측면의 이점을 제공한다.

본 연구의 시뮬레이션은 컨테이너터미널과 연계된 배후단지 물류업체들 사이에서 발생하는 배송과정에서 풀링과 듀얼사이클링이 적용된 경우 외부트레일러의 비용과 시간 측면에서의 이득 변화의 목적을 달성하기 위해 시뮬레이션 모델을 구축하고 분석한다.

시뮬레이션의 수행 절차는 <그림 5-1>과 같이 문제영역 정의, 목적 및 결과값 정의, 입력값 정의 및 수집, 모델링, 운영규칙 정의, 오류확인, 타당성 검증, 실험설계, 결과 분석의 순으로 진행된다.



<그림 5-1> 시뮬레이션 수행 절차

## 1.2 시뮬레이션 설계 및 실험

### 1) 입력자료

시뮬레이션을 위한 입력자료는 <표 5-1>과 같이 배후단지물류협회에서 조사한 업체별 창고 크기, 물동량 정보, 운행차량의 입출고 대수를 사용하였다.

이때 작업시간은 1일 10시간, 작업일수는 363일, 장치율은 50%로 가정하였고, 트레일러의 운행속도는 30km/h, 차종지정계수는 40피트를 기준으로 설정하였다. 또한 중량변환계수는 R/T(Revenue Ton)를 TEU로 환산하는 계수로 18.74를 적용하였다. 운행차량의 일별 입고고 대수는 (식 28)에 의해 결정하였다.

$$\text{일별차량대수} = \frac{\text{연간물동량}(R/T) \times \text{장치율}}{\text{중량변환계수} \times \text{차종지정계수} \times \text{작업일수}} \dots\dots\dots(\text{식 } 28)$$

<표 5-1> 창고별 넓이 및 물동량

| 구분              | 길이(m) | 폭(m) | 일별입고대수 | 일별출고대수 |
|-----------------|-------|------|--------|--------|
| 1 부산항신항CFS      | 173   | 120  | 14     | 14     |
| 2 BIDC          | 174   | 174  | 42     | 42     |
| 3 C&S국제물류센터     | 540   | 132  | 97     | 97     |
| 4 BIDC          | 588   | 132  | 97     | 97     |
| 5 세방부산항신항물류     | 352   | 132  | 52     | 52     |
| 6 동방물류센터        | 280   | 136  | 44     | 44     |
| 7 씨스테인웨이 컨소시엄   | 480   | 132  | 80     | 80     |
| 8 퍼스트클래스, 로지스틱스 | 285   | 137  | 38     | 38     |
| 9 대한통운BND       | 364   | 132  | 46     | 46     |
| 10 보고로지스틱스      | 232   | 128  | 20     | 20     |
| 11 케이엔로지스틱스     | 268   | 132  | 42     | 42     |
| 12 신대륙물류        | 240   | 132  | 20     | 20     |
| 13 범한판토스 컨소시엄   | 216   | 132  | 29     | 29     |
| 14 신항국제물류       | 292   | 112  | 39     | 39     |
| 15 현대코스코로지스틱스   | 268   | 116  | 35     | 35     |
| 16 부산글로벌물류센터    | 220   | 132  | 33     | 33     |
| 17 디케이엘씨        | 200   | 132  | 38     | 38     |
| 18 엠에스디스트리파크    | 264   | 132  | 37     | 37     |
| 19 부산크로스독       | 268   | 116  | 41     | 41     |
| 20 지앤지          | 160   | 112  | 18     | 18     |
| 21 대한통운BND II   | 156   | 132  | 37     | 37     |
| 22 한진케리로지스틱스    | 144   | 116  | 22     | 22     |

## 2) 시뮬레이션 도구

본 실험에 사용한 시뮬레이션은 AutoMod11.1을 사용하였다. AutoMod는 미국 Brooks Automation사가 자동화 시스템과 소프트웨어 구현 경험을 바탕으로 개발한 3D 시뮬레이션 소프트웨어이다. AutoMod는 산업설비의 공정과 생산시스템의 개선에 대한 사전평가 및 예측을 위한 시뮬레이션 전용도구로서 컨베이어시스템, AGVS 시스템, 자동창고시스템 등 다양한 물류 라이브러리가 제공되어 생산 및 유통에서의 입출력 능력 및 흐름분석, 물류설비의 수용능력분석에 사용된다. 또한 다품종 소량 생산에 따른 잦은 라인변경의 문제점을 사전에 분석, 예측하여 생산의 유연성을 극대화하는데 활용되고 있다.

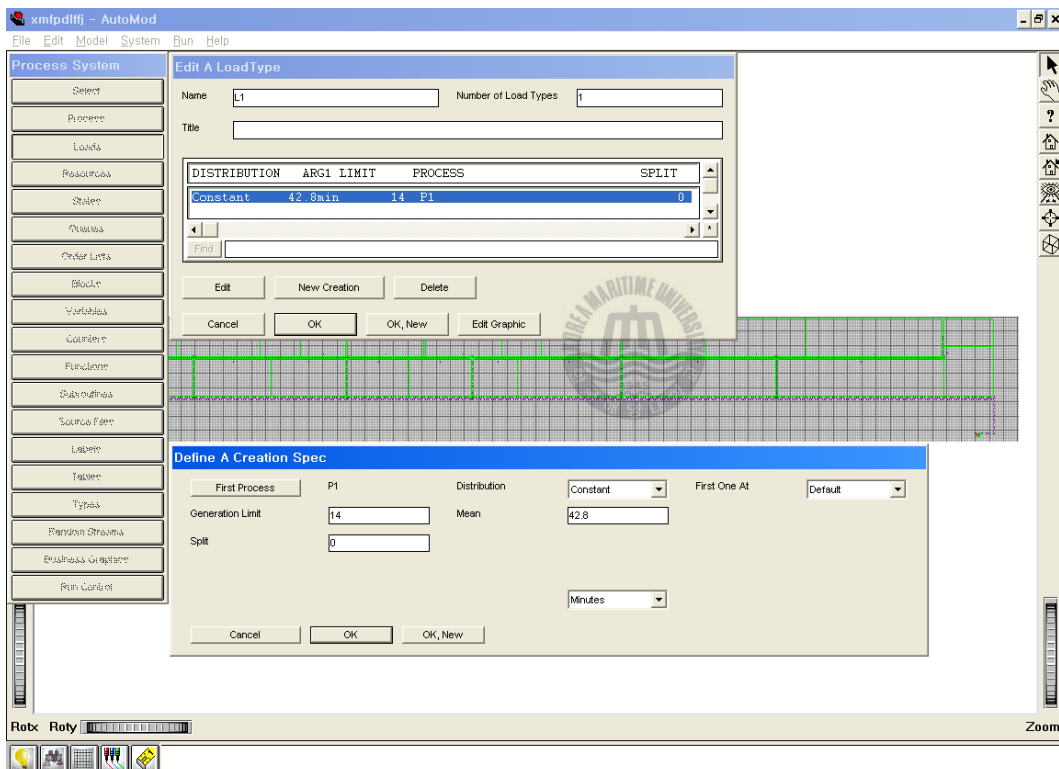
AutoMod는 물리적인 모델과 논리적인 모델을 정의하는 빌드부분과 정의된 모델 부분을 컴파일하고 시뮬레이션 및 애니메이션이 동시에 수행되는 실행부분으로 구성된다. 물리적 모델은 장비나 설비와 같은 물리적 자원을 배치하기 위한 기능을 제공하며 논리적 모델은 물리적 모델을 상호 연결하기 위한 기능을 제공한다. 또한 단위공정 및 연속공정의 시뮬레이션 모델에 대하여 진행 과정을 동적으로 시각화하고, 평균 가공시간, 작업 대기시간 및 기타 통계적 데이터를 바차트, 타임라인, 파이차트와 같은 그래프 형식의 표현이 가능하다(이승무, 2007). 특히, 문제의 특성을 나타내는 입력 자료의 사용과 신속한 모델링, 결과의 도출 및 분석이 용이하여 생산성과 안정성 향상을 위해 물류분야에서 폭넓게 사용되고 있다.

이와 같이 AutoMod는 다각적인 문제 분석과 해석 기능이 뛰어나 동적계획과 같이 시간의 경과에 따라 상태가 확률적으로 변화하는 물류자원의 배치분야에 최적의 생산성 향상과 모형 예측이 가능하여 본 연구에 적용하였다.

### 3) 시뮬레이션 수행 과정

<그림 5-2>는 AutoMod를 실행한 후 매일 발생하는 컨테이너를 생성하기 위해서 입력하는 화면으로, 본 모델에서는 컨테이너를 취급하는 배후단지 내 입주 업체의 물동량을 기준으로 시뮬레이션 객체를 생성한다.

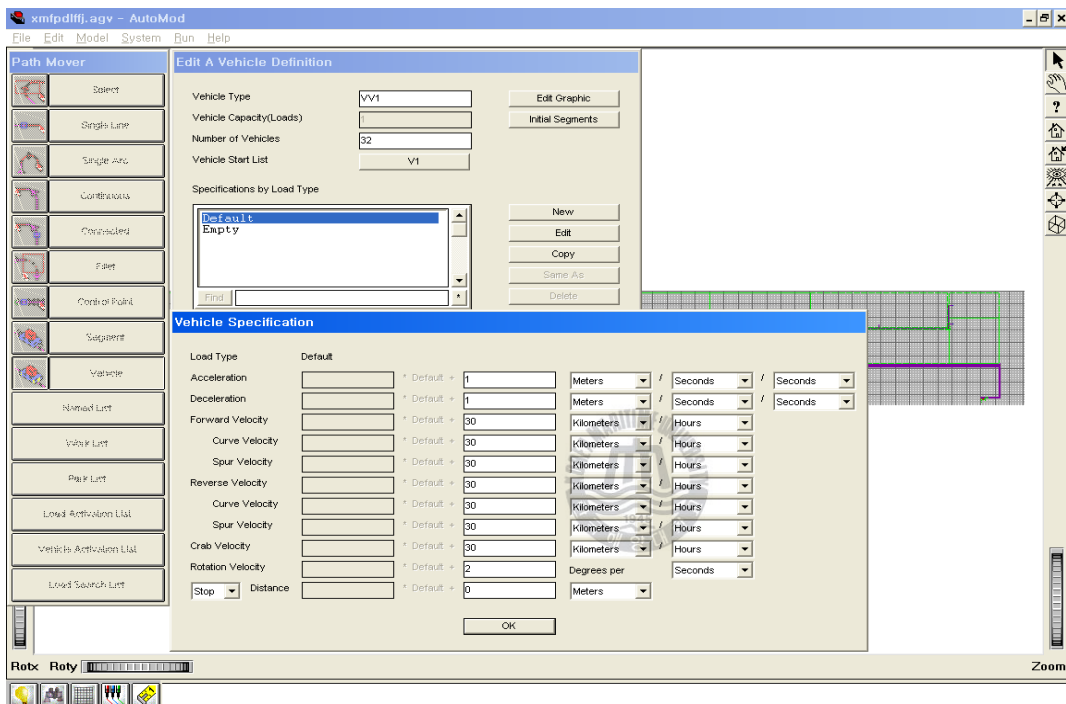
Load Type 메뉴를 통해 load의 형태, 크기, 색깔과 같은 형상을 사용자가 정의하는 값으로 모델에서 값을 초기화 시키거나 위젯(widget)을 나타내기 위해 사용한다. 이때 load는 AutoMod에서 활동 엔티티(entity)로 구성되며 모델의 프로세스 로직을 절차적으로 실행하는 역할을 수행한다. 본 시뮬레이션에서는 하나의 load 특성만 갖는 것으로 설정하였다.



<그림 5-2> 시뮬레이션 객체 발생 입력 화면

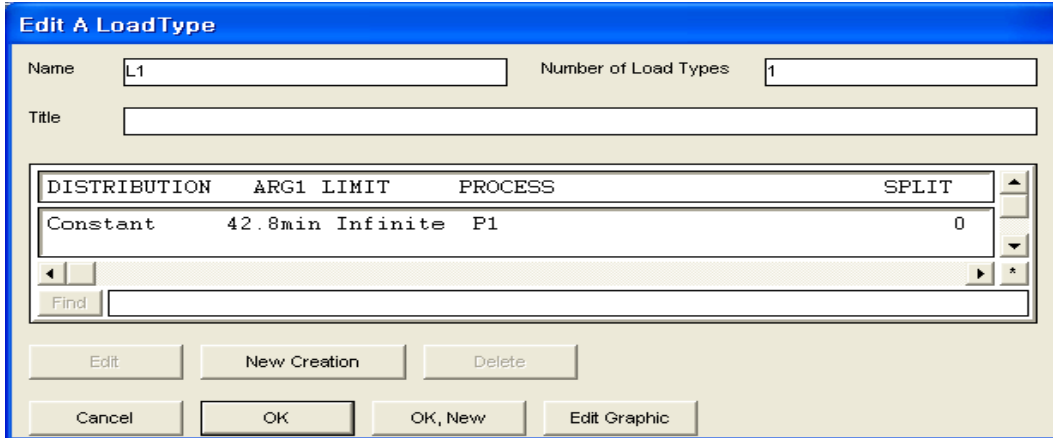
<그림 5-3>에서 Edit A Vehicle Definition 메뉴는 트레일러의 종류와 한

번에 이동시킬 수 있는 load의 최대값을 설정할 수 있다. 본 시뮬레이션에서는 트레일러의 종류와 최대값은 디폴트값을 사용한다. PathMover 메뉴는 엔티티의 이동경로와 속도를 설정하기 위한 화면으로 이동경로의 설정에는 Single Line, Single Arc, Continuous, Connected, Fillet, Control Points 틀을 사용한다. 본 시뮬레이션에서는 <그림 4-1>의 모델에서 정의된 이동경로에 따라 경로를 설정하였다. 또한 엔티티의 전진속도, 코너링속도, 후진속도 등의 속도는 30으로 설정하고 속도의 단위는 k/m를 사용한다.



<그림 5-3> 트레일러 운행 속도 입력 화면

<그림 5-4>와 <그림 5-5>는 컨테이너 발생처리를 위한 정보를 설정하는 화면이다. 1일 발생하는 컨테이너가 42.8분마다 발생되도록 하였고, 컨테이너 발생 분포는 상수분포로 설정하였으며, 첫 번째 프로세스의 진입은 디폴트값을 사용하며 발생 횟수는 특별히 제한을 두지 않았다.



**Edit A LoadType**

Name: L1      Number of Load Types: 1

Title:

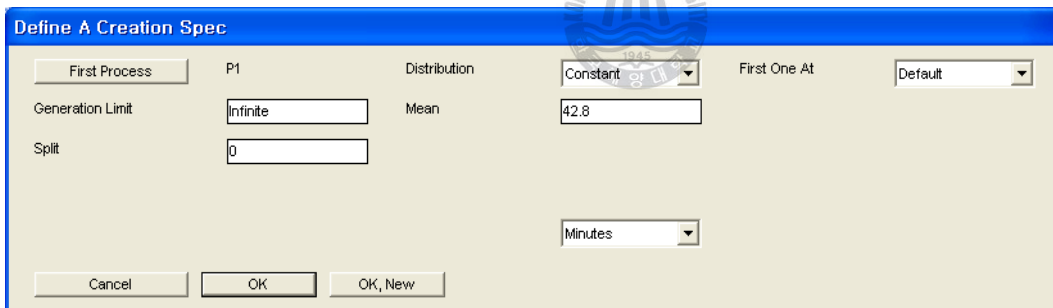
| DISTRIBUTION | ARG1    | LIMIT    | PROCESS | SPLIT |
|--------------|---------|----------|---------|-------|
| Constant     | 42.8min | Infinite | P1      | 0     |

Find:

Buttons: Edit, New Creation, Delete, Cancel, OK, OK, New, Edit Graphic

<그림 5-4> 컨테이너 발생 처리 정보 입력 화면 I

<그림 5-5>에서 Generation Limit는 시뮬레이션에서 안정된 결과값을 찾기 위해 load의 반복 횟수를 정하는 최대값으로 특별히 제한을 두지 않았다. Split은 각 중복주기를 통해 생성되는 추가적 load의 숫자를 의미하며 디폴트값은 0이다. First One At은 첫 번째 프로세스에서 해당 사이클의 첫 load가 나타나는 시간을 의미하며, 설정한 값에 따라 첫 load의 시작 시간이 지연된다.



**Define A Creation Spec**

First Process: P1      Distribution: Constant      First One At: Default

Generation Limit: Infinite      Mean: 42.8

Split: 0

Minutes

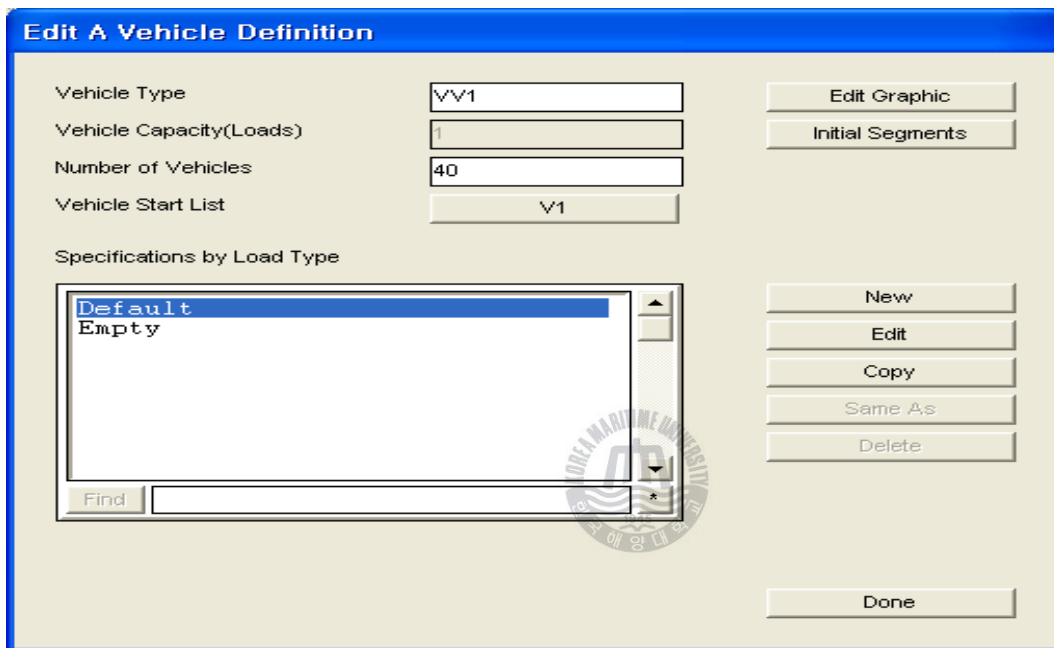
Buttons: Cancel, OK, OK, New

<그림 5-5> 컨테이너 발생 처리 정보 입력 화면 II

<그림 5-6>은 트레일러 운행 대수 및 운행속도를 제어하기 위한 화면입력 화면을 나타내고 있다. Vehicles Type은 트레일러 종류의 이름을 설정하고 Vehicle Capacity는 각 트레일러가 한번에 이동할 수 있는 load의 최대값을 의

미하며 0과 양수값만 사용할 수 있고 디폴트는 1이다. Number of Vehicles는 이 시스템에서 운행 중인 트레일러의 개수를 의미하며 양수값만 사용 가능하다. Vehicle Start List는 시뮬레이션의 실행을 제어하기 위한 제어지점목록(list of control points)에서 시작하는 트레일러의 이름을 의미하며 디폴트는 무작위 값이다.

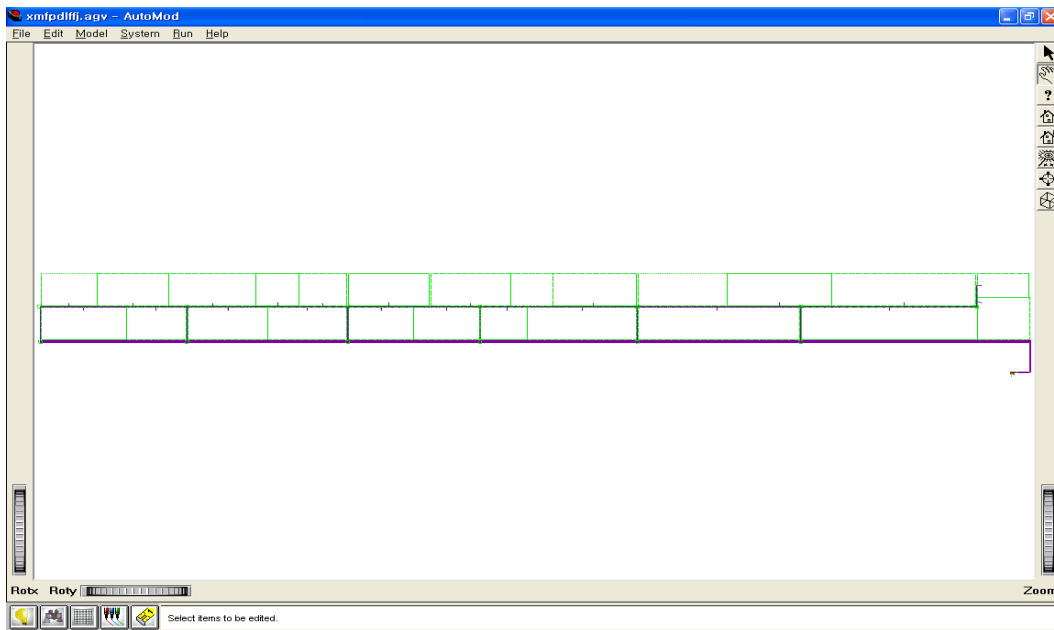
본 시뮬레이션에서는 Vehicles Type은 VV1으로 정하고 Vehicle Capacity는 1, Number of Vehicles은 40, Vehicle Start List는 V1으로 설정하였다.



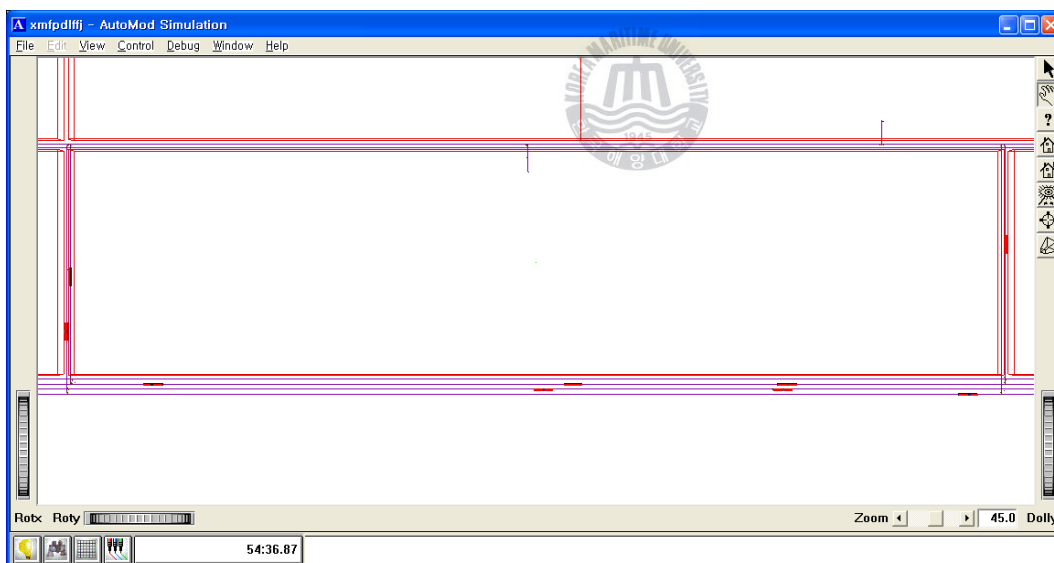
<그림 5-6> 트레일러 정보 입력 화면

<그림 5-7>은 본 연구에서 시뮬레이션을 수행하기 위해 구현한 이동경로의 모델이고, <그림 5-8>은 시뮬레이션 수행 시 운행되는 차량의 이동 궤적을 표시하고 있다.





<그림 5-7> 시뮬레이션 모델 구현 화면



<그림 5-8> 트레일러 운행 화면

<그림 5-9>는 시뮬레이션에서 운영규칙을 구현하기 위해 작성한 시뮬레이션 소스 코드의 일부이다. 코드에서 begin~end는 하나의 단위 운동을 정의하는 모듈이며, move into는 트레일러의 운동을 지정하는 명령어이다. travel to는 load를 현재 위치로부터 다른 위치로 이동시키기 위해 사용하는 명령어이다. send to die는 시스템 내에서 수행된 컨테이너를 시스템에서 제거하는 명령어이다. QS는 컨테이너 장치장을 나타내고 있으며, 이러한 명령어들이 조합되어 시스템 내에서 전체 시뮬레이션이 규칙에 따라 제어된다.

| 소스코드(일부)  |
|---|
| <pre> begin P1 arriving move into QS move into agv:cp0 travel to agv:cp1 travel to agv:cp0 send to die end  begin P2 arriving move into QS move into agv:cp0 travel to agv:cp2 travel to agv:cp0 send to die end </pre> |



<그림 5-9> 트레일러 운행 프로그램

## 2. 결과분석

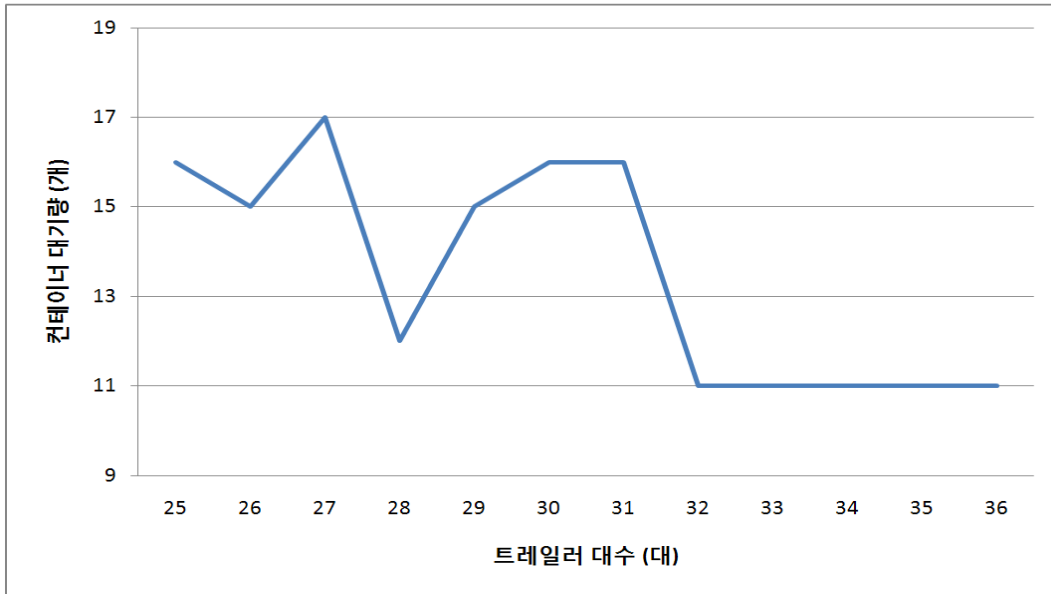
### 2.1 규칙적용 이전

개별 물류업체별로 운행되는 규칙적용 이전의 현행 트레일러 운영방식에 따라 시뮬레이션을 수행한 결과는 <표 5-2>와 같다.

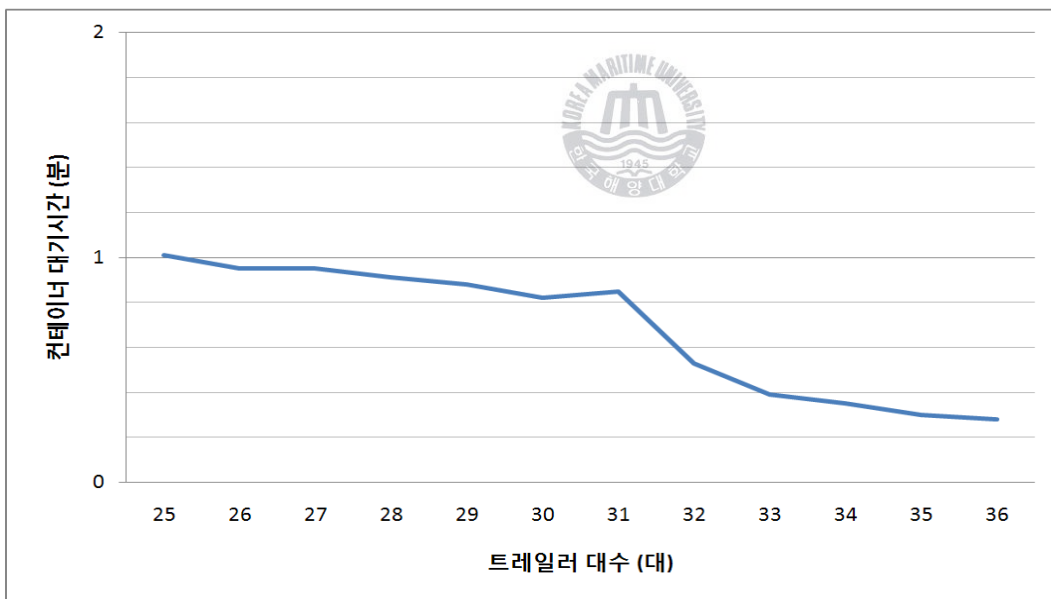
<표 5-2> 기업별 개별 트레일러 운영의 경우

| 대수 | 입고최대 대기량 (대) | 입고평균 대기시간 (분) | 출고최대 대기량 (대) | 출고평균 대기시간 (분) | 적재 운행률 (%) | 공차 운행률 (%) | 정차율 (%) |
|----|--------------|---------------|--------------|---------------|------------|------------|---------|
| 25 | 16           | 1.01          | 372          | 117.63        | 79.3       | 18.6       | 2.1     |
| 26 | 15           | 0.95          | 315          | 99.45         | 89.3       | 19.6       | 2.1     |
| 27 | 17           | 0.95          | 257          | 81.19         | 77.4       | 20.5       | 2.1     |
| 28 | 12           | 0.91          | 202          | 63.00         | 76.5       | 21.4       | 2.1     |
| 29 | 15           | 0.88          | 143          | 45.17         | 75.6       | 22.2       | 2.2     |
| 30 | 16           | 0.82          | 86           | 27.64         | 74.8       | 22.9       | 2.3     |
| 31 | 16           | 0.85          | 32           | 10.67         | 74.0       | 23.6       | 2.4     |
| 32 | 11           | 0.53          | 22           | 5.66          | 72.2       | 22.9       | 4.8     |
| 33 | 11           | 0.39          | 22           | 5.14          | 70.0       | 22.3       | 7.7     |
| 34 | 11           | 0.35          | 22           | 4.87          | 68.0       | 21.6       | 10.4    |
| 35 | 11           | 0.30          | 22           | 4.75          | 66.0       | 21.0       | 13.0    |
| 36 | 11           | 0.28          | 22           | 4.64          | 64.2       | 20.4       | 15.4    |
| 37 | 11           | 0.26          | 22           | 4.60          | 62.5       | 19.8       | 17.7    |
| 38 | 11           | 0.26          | 22           | 4.56          | 60.8       | 19.3       | 19.9    |
| 39 | 11           | 0.25          | 22           | 4.56          | 59.3       | 18.8       | 21.9    |
| 40 | 11           | 0.25          | 22           | 4.54          | 57.8       | 18.4       | 23.9    |

<그림 5-10>은 트레일러 수량의 변화에 따른 입고 컨테이너의 최대 대기량을 나타내는 그래프이다. 입고 컨테이너의 대기량은 트레일러 대수가 25대일 때 컨테이너는 16개가 대기상태가 되며 27대가 되면 17개가 대기 상태로 최대가 된다. 32대부터는 11개에 수렴됨을 알 수 있다. 즉 입고컨테이너의 대기량을 줄이기 위해서는 최소한 32대의 트레일러가 운영되어야 함을 알 수 있다.



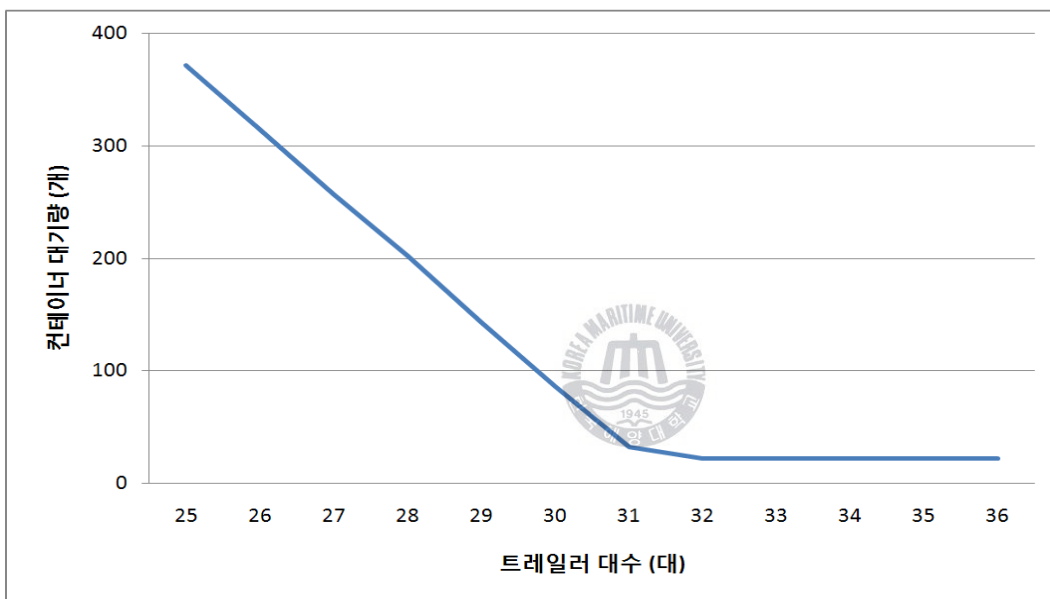
<그림 5-10> 입고컨테이너 최대 대기량



<그림 5-11> 입고컨테이너 평균 대기시간

<그림 5-11>은 입고 컨테이너의 평균 대기시간으로, 입고 컨테이너의 평균 대기시간은 트레일러가 25대일 때 1.01분으로 최대로 높았다가 트레일러의 투입대수가 점차 증가할수록 대기시간은 감소하게 된다. 트레일러가 36대가 되면 평균대기시간이 0.28분으로 최소가 된다.

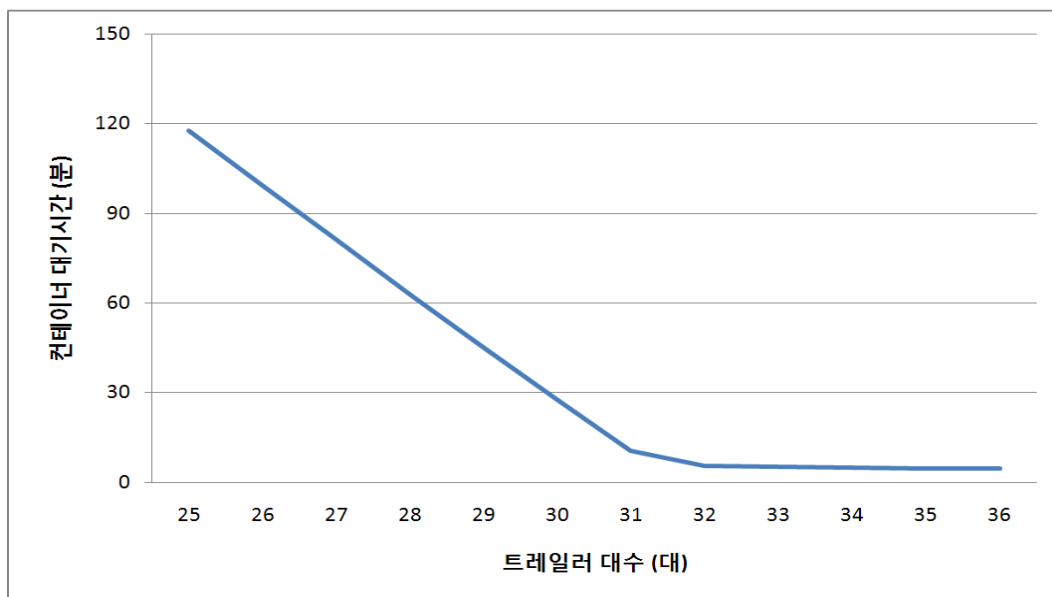
<그림 5-12>는 출고 컨테이너의 최대 대기량으로, 출고 컨테이너의 대기량은 트레일러가 25대일 때 372개로 최대가 되었다가 투입되는 트레일러가 증가할수록 대기시간은 점차 감소한다. 트레일러가 31대가 되면 32분으로 대폭 줄어들고 32대 이후부터 22분에 수렴한다. 실험결과에 따르면 적정수준의 트레일러 대수는 최소 31대 이상이 운영되어야 한다.



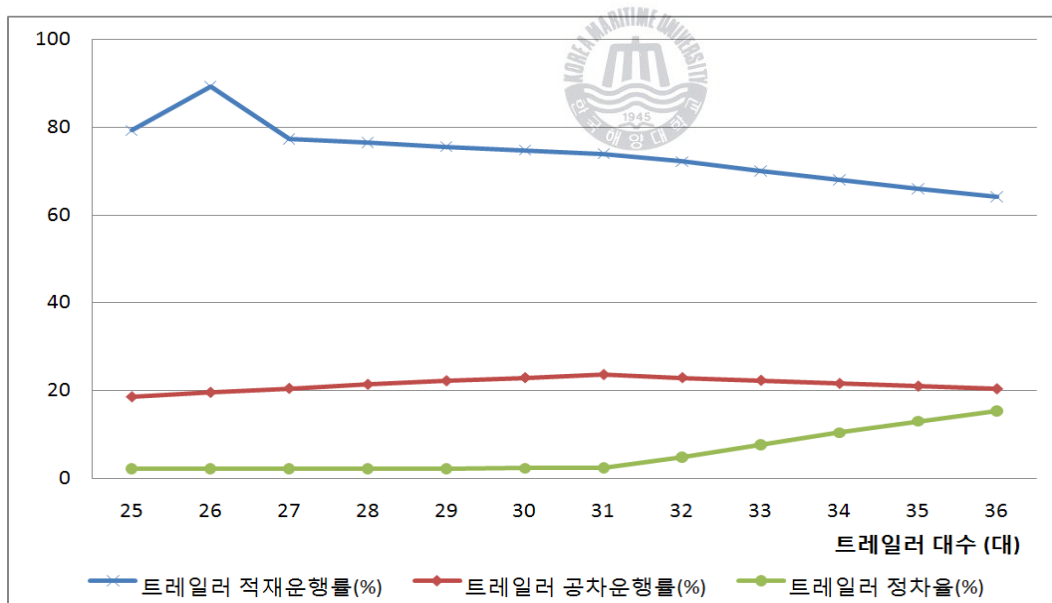
<그림 5-12> 출고컨테이너 최대 대기량

<그림 5-13>은 출고 컨테이너의 평균 대기시간으로, 출고 컨테이너의 평균 대기시간은 트레일러가 25대일 때 118분으로 최대가 되었다가 투입되는 트레일러의 대수가 증가할수록 평균대기시간은 점차 감소된다. 트레일러가 32대일 때부터 평균대기시간은 5.7분으로 대폭 감소하고 트레일러가 36대일 때 평균

대기시간은 4.6분으로 최소가 된다.



<그림 5-13> 출고컨테이너 평균대기시간



<그림 5-14> 트레일러 적재운행률, 공차운행률 및 정차율 변화

<그림 5-14>는 트레일러 적재운행률, 공차운행률, 정차율에 대한 변화를 동시에 나타낸 것이다. 트레일러의 적재운행률은 트레일러가 25대일 때 79.3%로 시작하여 26대가 되면 89.3%로 최대가 되며, 투입되는 트레일러의 대수가 증가할수록 적재운행률은 점차 줄어들어 36대가 되면 64.2%로 최소가 된다.

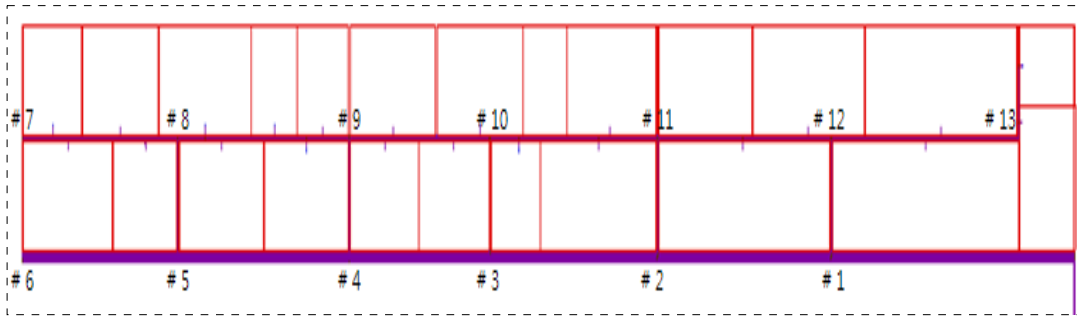
트레일러의 공차운행률은 트레일러가 25대일 때 18.6%로 시작하여 투입되는 트레일러의 대수가 증가할수록 공차운행률은 점차 증가하고 31대일 때 공차운행률은 23.6%로 가장 높았다가 다시 감소한다.

트레일러의 정차율은 트레일러의 대수가 25대에서 31대까지 2.2%로 거의 변화가 없다가 32대가 되면 정차율은 4.8%로 크게 증가한다. 트레일러의 대수가 36대가 되면 정차율은 15.4%로 최대가 된다.

시뮬레이션 결과, 배후단지 물류업체별로 개별 트레일러를 운영하는 경우에는 트레일러 대수가 31대 이하인 경우, 출고 컨테이너 최대 대기량은 32개 이상으로 나타났다. 이것은 운행되는 차량의 대수가 31대 보다 작으면 컨테이너 운송이 원활하지 않음을 의미한다. 그리고 트레일러 수량이 32대 이상인 결과에서 트레일러 정차율이 5%미만을 기준으로 설정하면 최적의 트레일러 대수는 32대가 되고, 정차율을 10%미만으로 설정하면 최적의 트레일러 대수는 33대가 된다. 트레일러 대수의 변화에 의한 입출고 컨테이너 대기시간과 트레일러 정차율은 서로 상충관계(trade-off)에 있다.

본 연구의 시뮬레이션 결과, 입출고 컨테이너 대기시간이 최소가 되고 트레일러의 운영효율이 최대가 되는 최적의 트레일러 대수는 32대로 사료된다. 트레일러 대수 32대에서 입고 컨테이너 최대 대기량은 11대, 입고 컨테이너 평균대기시간은 0.53분이고, 출고 컨테이너의 최대 대기량은 22대, 출고 컨테이너 평균대기시간은 5.66분으로 나타났으며, 트레일러 적재운행률은 72.2%, 공차운행률은 22.9%, 정차율은 4.8%로 나타났다.

트레일러의 운영대수가 최적상태인 32대일 때 교차로에서 발생하는 트레일러 혼잡 정도를 분석하기 위해 교차로를 <그림 5-15>와 같이 설정하고 혼잡도를 시뮬레이션하여 그 결과를 <표 5-3>에 나타내었다.



<그림 5-15> 시뮬레이션을 위한 교차로 정의

<표 5-3> 교차로 분석결과

| 교차로  | 최대대기<br>(대수) | 최소대기<br>(대수) | 평균대기시간<br>(분) |
|------|--------------|--------------|---------------|
| # 1  | 8            | 0            | 0.89          |
| # 2  | 5            | 0            | 0.12          |
| # 3  | 6            | 0            | 0.12          |
| # 4  | 6            | 0            | 0.12          |
| # 5  | 5            | 0            | 0.12          |
| # 6  | 4            | 0            | 0.12          |
| # 7  | 4            | 0            | 0.11          |
| # 8  | 4            | 0            | 0.12          |
| # 9  | 3            | 0            | 0.12          |
| # 10 | 4            | 0            | 0.12          |
| # 11 | 3            | 0            | 0.12          |
| # 12 | 5            | 0            | 0.12          |
| # 13 | 2            | 0            | 0.10          |

교차로의 분석결과, 교차로 #1에서 최대 대기량이 8대, 평균대기시간이 0.89분으로 가장 높게 나타났고, 교차로 #3, 교차로 #4의 순으로 나타났다. 이것은 교차로 #1을 이용하는 물류업체는 부산항신항CFS(주), BIDC(주), 씨스테 인웨그 동부디스트리 파크부산(주), 세방부산항신항물류(주), (주)C&S국제물류센터,



FCL(㉔)로 다른 교차로보다 2배 이상 많은 물류업체가 이 교차로에 집중되어 있어 혼잡도가 매우 높은 것으로 보인다.

## 2.2 규칙적용 이후

적정 트레일러 대수를 설정하기 위해 폴링과 듀얼사이클링이 적용된 경우의 시뮬레이션을 수행한 결과는 <표 5-4>와 같다.

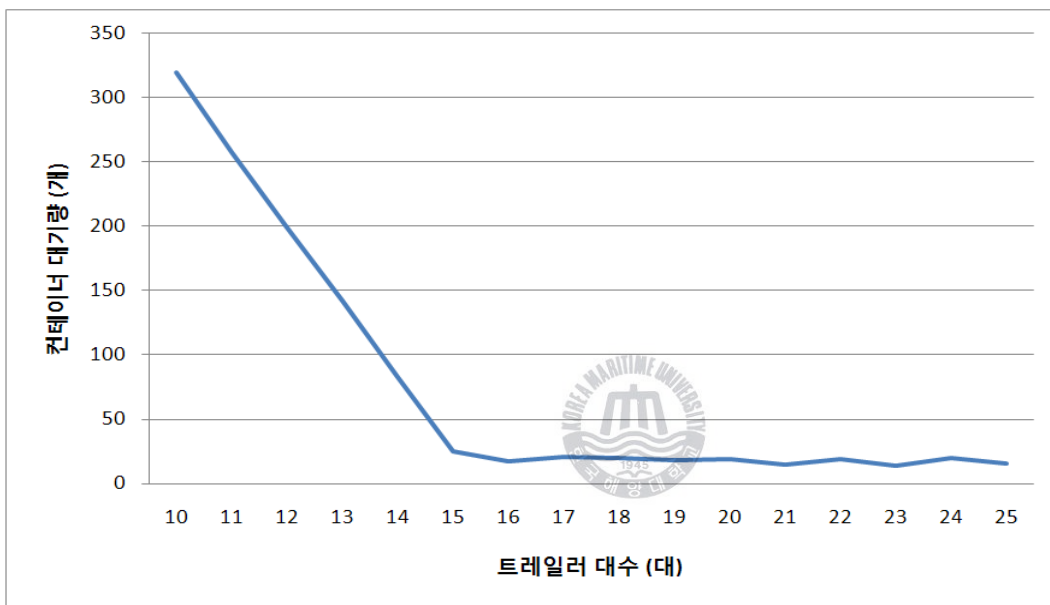
<표 5-4> 폴링과 듀얼사이클링을 적용한 트레일러 운영의 경우

| 대수 | 입고최대 대기량(대) | 입고평균대기시간(분) | 출고최대 대기량(대) | 출고대기 시간(분) | 트레일러 적재운행률(%) | 트레일러 공차운행률(%) | 트레일러정차율(%) |
|----|-------------|-------------|-------------|------------|---------------|---------------|------------|
| 10 | 320         | 99.59       | 325         | 102.75     | 92.8          | 5.6           | 1.6        |
| 11 | 258         | 80.74       | 267         | 84.20      | 92.7          | 5.7           | 1.7        |
| 12 | 199         | 61.87       | 205         | 65.66      | 92.6          | 5.7           | 1.7        |
| 13 | 142         | 42.67       | 148         | 46.78      | 92.6          | 5.6           | 1.8        |
| 14 | 83          | 24.90       | 92          | 29.31      | 92.4          | 5.8           | 1.8        |
| 15 | 25          | 5.81        | 29          | 10.52      | 92.3          | 5.8           | 1.9        |
| 16 | 17          | 2.76        | 22          | 7.66       | 87.4          | 10.6          | 2.0        |
| 17 | 21          | 2.61        | 22          | 7.57       | 82.1          | 15.7          | 2.2        |
| 18 | 20          | 2.68        | 22          | 7.73       | 77.5          | 20.1          | 2.4        |
| 19 | 18          | 2.75        | 23          | 7.80       | 73.5          | 23.7          | 2.8        |
| 20 | 19          | 2.72        | 21          | 7.71       | 69.9          | 27.2          | 3.0        |
| 21 | 15          | 2.90        | 22          | 7.88       | 66.6          | 30.0          | 3.4        |
| 22 | 19          | 3.14        | 23          | 8.15       | 63.4          | 33.1          | 3.5        |
| 23 | 14          | 3.24        | 21          | 8.07       | 60.7          | 35.2          | 4.1        |
| 24 | 20          | 3.38        | 21          | 7.87       | 58.2          | 37.1          | 4.7        |
| 25 | 16          | 3.67        | 22          | 7.88       | 55.8          | 39.0          | 5.2        |

트레일러 대수의 변화에 따른 입고컨테이너의 최대 대기량은 <그림 5-16>,

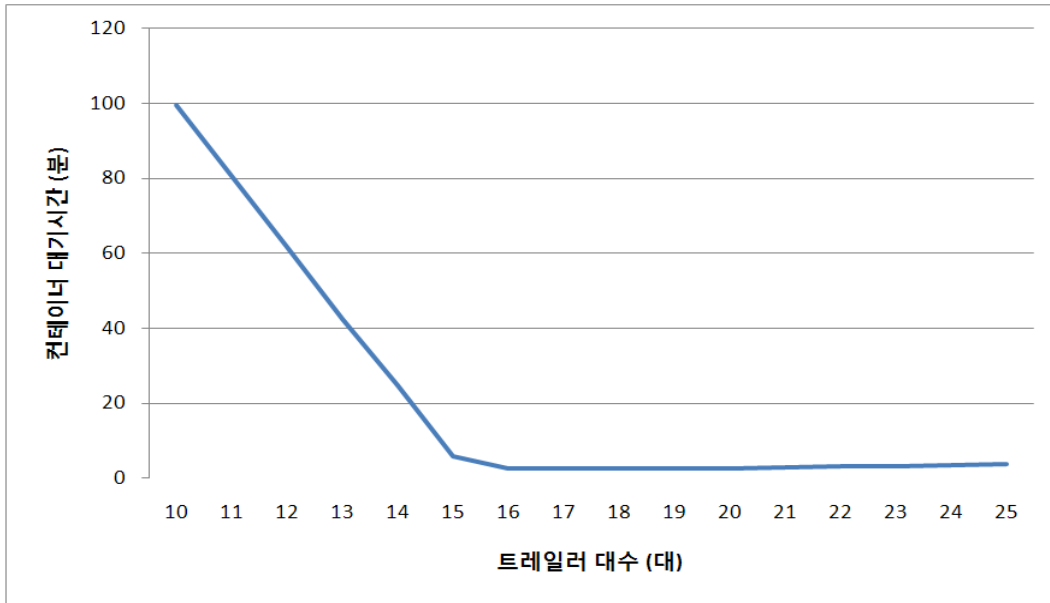
입고컨테이너의 평균 대기시간은 <그림 5-17>, 출고컨테이너의 최대 대기량은 <그림 5-18>, 출고컨테이너의 평균 대기시간은 <그림 5-19>, 트레일러의 적재운행률, 공차운행률, 정차율에 대한 변화는 <그림 5-20>에 나타내었다.

입고컨테이너의 최대 대기량은 트레일러가 10대일 때 320개로 최대가 되며 투입되는 트레일러의 대수가 증가할수록 점차 최대 대기량은 감소한다. 트레일러의 대수가 15대가 되면 25개로 줄고 이후 트레일러가 계속 증가해도 대기량은 평균 18.5개로 안정을 유지한다.



<그림 5-16> 입고컨테이너 최대 대기량

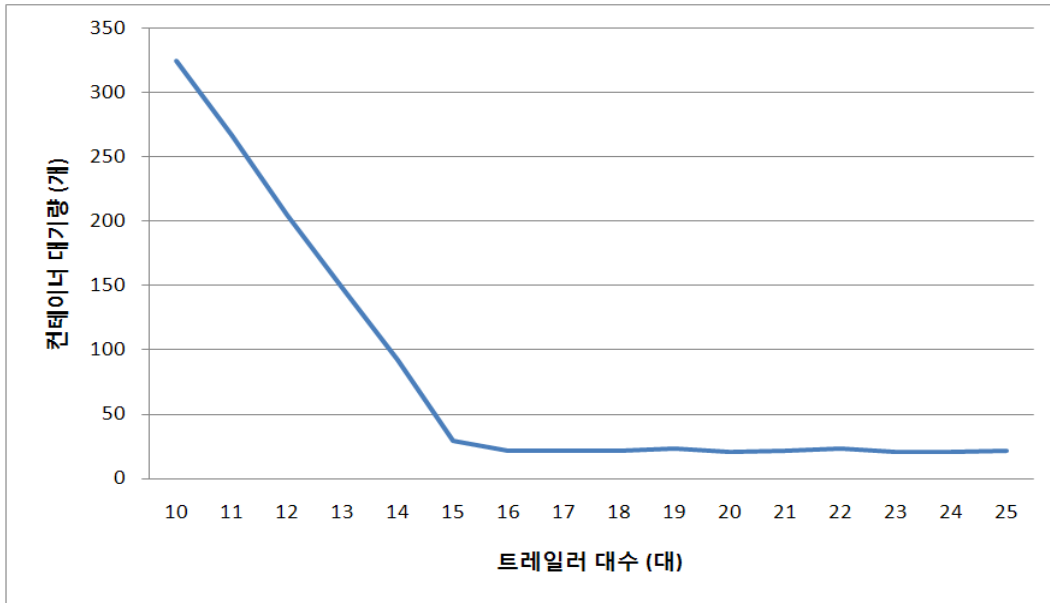
입고컨테이너의 평균 대기시간은 트레일러가 10대일 때 99.6분으로 최대가 되며 투입되는 트레일러의 대수가 증가할수록 평균 대기시간은 점차 감소한다. 15대일 때 5.8분, 16대가 되면 2.8분으로 감소하고 이후 트레일러가 계속 증가해도 대기시간은 평균 3.2분으로 안정된다.



<그림 5-17> 입고컨테이너 평균 대기시간

출고컨테이너의 최대 대기량은 트레일러가 10대일 때 325개로 최대가 되며 투입되는 트레일러의 대수가 증가할수록 대기량은 급속히 줄어들며 15대가 되면 29개가 된다. 16대가 되면 22개가 되고 이후 대기량은 평균 22.6개를 계속 유지하고 있다.

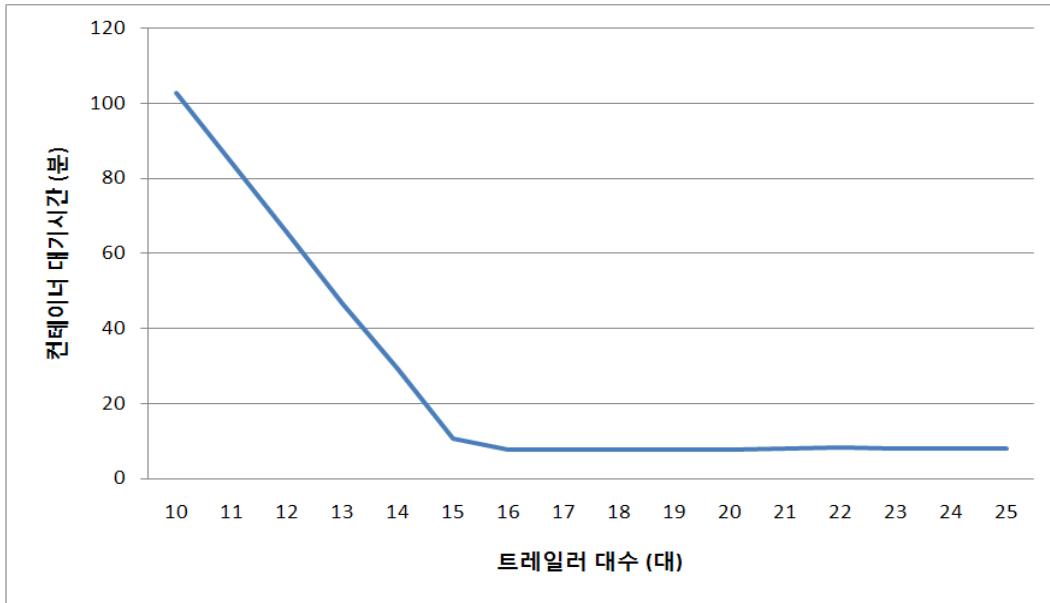




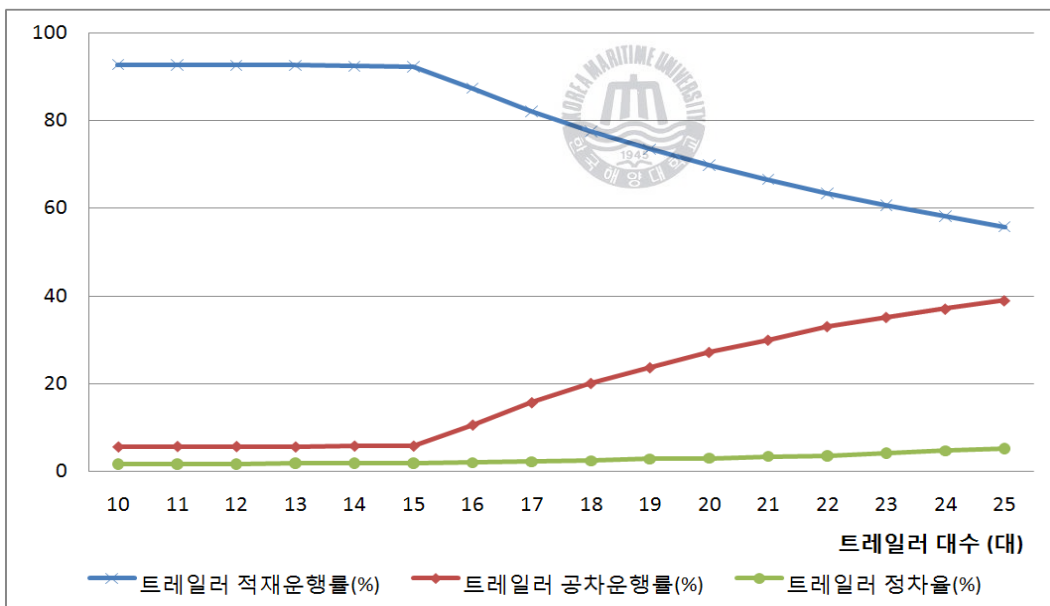
<그림 5-18> 출고컨테이너 최대 대기량

출고컨테이너의 평균 대기시간은 트레일러가 10대일 때 102.8분으로 최대이고 투입되는 트레일러의 대수가 증가할수록 평균 대기시간은 급속히 줄어들어 16대가 되면 7.7분이 된다. 이후 평균 대기시간은 평균 7.8분으로 안정을 유지한다.





<그림 5-19> 출고컨테이너 평균 대기시간



<그림 5-20> 트레일러 적재운행률, 공차운행률 및 정차율 변화

<그림 5-20>의 트레일러 적재운행률, 공차운행률 및 정차율 변화를 통해 최적의 운영환경을 결정하기 위한 시뮬레이션의 수행 결과는 다음과 같다.

트레일러 대수가 15대 이하인 결과에서 입고 컨테이너의 최대 대기량은 25개 이상, 출고 컨테이너의 최대 대기량이 29개 이상으로 나타났다. 이것은 트레일러 대수가 15대 이하에서는 컨테이너 운송이 원활히 진행되지 못함을 의미하며 최소 16대 이상의 트레일러가 셔틀운송에 투입되어야만 원활한 물동량 운송이 가능할 것으로 사료된다.

트레일러 대수가 16대인 경우 트레일러 정차율이 최소값인 2%로 나타났고, 트레일러가 17대 이상 증가하면 정차율이 반대로 증가되었다. 따라서 적정 트레일러 대수는 16대이고 이때 입고 컨테이너의 최대 대기량은 17개, 입고 컨테이너 평균대기시간은 2.76분이고, 출고 컨테이너의 최대 대기량은 22개, 출고 컨테이너 평균대기시간은 7.66분으로 나타났으며, 트레일러 적재운행률은 87.4%, 공차운행률은 10.6%, 정차율은 2%로 나타났다.

결과적으로 규칙이 적용되기 이전의 투입 적정 트레일러 대수가 32대인 반면 규칙이 적용된 이후의 적정 트레일러 대수는 16대로써 규칙을 적용하면 투입 트레일러의 대수를 16대나 줄일 수 있는 효과가 있음을 보였다.

트레일러 16대를 운영할 때 <그림 5-16>에서 정의한 교차로에서의 혼잡도에 따른 시뮬레이션 분석 결과는 <표 5-5>와 같다. 교차로의 분석 결과 #1에서 최대 대기량이 5대, 평균대기시간이 0.12분으로 가장 높으며 #2, #9의 순으로 나타났다. 이것은 2배나 많은 물류업체가 다른 교차로보다 #1 교차로를 이용하기 때문이지만 규칙이 적용되기 이전보다 #1에서 대기하는 차량의 대수는 최대 3대까지 줄어들며 평균대기시간은 0.77분이 감소되는 것으로 나타났다.

<표 5-5> 교차로에서의 트래픽 결과

| 교차로  | 최대대기<br>(대수) | 최소대기<br>(대수) | 평균대기시간<br>(분) |
|------|--------------|--------------|---------------|
| # 1  | 5            | 0            | 0.12          |
| # 2  | 4            | 0            | 0.12          |
| # 3  | 2            | 0            | 0.12          |
| # 4  | 2            | 0            | 0.11          |
| # 5  | 2            | 0            | 0.11          |
| # 6  | 1            | 0            | 0.11          |
| # 7  | 1            | 0            | 0.11          |
| # 8  | 2            | 0            | 0.12          |
| # 9  | 3            | 0            | 0.12          |
| # 10 | 3            | 0            | 0.11          |
| # 11 | 3            | 0            | 0.11          |
| # 12 | 3            | 0            | 0.11          |
| # 13 | 2            | 0            | 0.10          |

## 2.3 소요시간 분석

소요시간 분석은 부산항신항 배후단지에 입주한 물류업체에서 처리할 수 있는 계획 물동량을 기반으로 개별 업체별로 트레일러를 운행하는 경우와 외주물류기업이 트레일러를 공동화하여 풀링과 듀얼사이클링을 적용할 수 있는 경우의 운영 효율성을 비교하고자 한다. 이를 위해 이들 두 경우를 시뮬레이션을 수행하여 그 결과를 나타내었다. 기존의 개별 기업체별로 트레일러를 운행할 경우에는 32대의 트레일러가 최적 운행 환경으로 나타났으며 이때의 적재운행률은 72%, 공차운행률은 22.9% 및 정차율은 2.4%로 나타났다.

한편 풀링과 듀얼사이클링을 적용하여 트레일러를 공동으로 운행하는 경우에는 16대의 트레일러가 최적 운행 환경으로 나타났다. 즉 풀링과 듀얼사이클링을 적용한 운행방법이 기존 운영방법보다 트레일러 운영대수를 50% 감소시키는 효과를 얻었다. 또한 적재운행률은 87.4%, 공차운행률은 10.6% 및 정차율

은 2%로 적재운행률도 기존에 비해 20%의 효율 향상을 나타내고 있다. 따라서 부산항신항 배후단지의 서틀운송에서 풀링과 듀얼사이클링을 적용한 트레일러의 공동화가 운행차량의 감소 및 적재율 향상 등을 통해 물류비를 절감하고 보다 높은 물류서비스를 제공할 수 있는 운영 방법임을 소요시간 분석으로 확인하였다.





## VI. 결 론

### 1. 연구의 의의

항만의 부가가치를 높이는 배후단지의 전략적 활용에 있어서 항만과 배후단지에 입주한 각 물류업체들을 연계하는 운송에는 사전에 통제하기 어려운 비효율성과 불확실성이 항상 존재한다. 특히 배후단지 물류업체가 독자적으로 운송차량을 운용하면서 발생하는 중복성의 문제, 불규칙하게 발생하는 운송화물에 대한 무계획성의 문제, 편도(one way) 운송에 따른 공차운행의 문제, 운송차량의 위치 미확인에 따른 자원 낭비 등의 문제가 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 본 연구에서는 최적화가 어려운 분야에 휴리스틱 접근의 동적 작업계획을 적용함으로써 자원소모의 중복성을 배제하고, 집중된 단지의 지리적 여건을 활용한 운송체계를 정립하며, 왕복운송에서 화물의 실차율을 높여 공차운행률을 최소화하며 운송차량의 위치확인을 통해 작업변경이 가능한 실시간 라우팅시스템을 구현하였다.

실시간 라우팅시스템을 구현하기 위해 LBS 기반 라우팅시스템의 구조와 구현 사례를 분석하고 배후단지 물류업체의 기본업무와 운송서비스를 분석하였다. 또한 분석단계의 결과물에 기술적인 부분을 추가하고 시스템적인 확장을 수행하기 위해 프로세스와 데이터를 모델링하고 시스템 구조 및 시스템 인터페이스를 설계하였다.

실시간 라우팅시스템의 운영규칙은 최소소요시간 운송라우팅 규칙, 최소대기시간 운송라우팅 규칙, 사전계획이행 운송라우팅 규칙 등으로 구성하였고 운영규칙을 평가하기 위해 효율성 측면과 물류서비스 측면에서 기준을 설정하고 의사결정 시점의 상황 전환을 위해 전환확률을 마련하였다.

수리적 모델링을 통해 도출된 작업규칙의 타당성을 평가하고 분석하기 위해 기존 운행 방식과 풀링과 듀얼사이클링을 적용한 방식을 시뮬레이션으로 서틀 운송에서 소요된 자원의 감축효과와 효율성을 실험하였다.

배후단지 물류업체들을 대상으로 기본 운송 계획에 대한 실험에서는 입출고

컨테이너 대기시간을 최소로 하고 운영효율성을 최대로 하는 최적 트레일러 대수는 32대로 확인되었다. 이때 입고 컨테이너 평균대기시간은 0.53분이고 출고 컨테이너 평균대기시간은 5.66분이었으며, 적재운행률은 72.2%, 공차운행률은 22.9%, 정차율은 4.8%로 나타났다.

여기에 운송차량의 풀링과 듀얼사이클링이 가능한 라우팅 작업규칙을 적용할 경우, 트레일러 대수가 16대인 경우에 트레일러 정차율이 가장 낮은 2%로 나타났다고, 이보다 트레일러 대수를 증가시킬 경우 정차율도 지속적으로 증가함을 확인하였다. 또한 트레일러 대수가 15대 이하인 경우 입고 컨테이너 평균대기시간은 2.76분, 출고 컨테이너 평균대기시간은 7.66분으로 나타났으며, 트레일러 적재운행률은 87.4%, 공차운행률은 10.6%, 정차율은 2.0%인 것으로 확인되었다.

즉, 기존의 운행방식보다 풀링 및 듀얼사이클링이 가능한 라우팅 작업규칙을 적용할 경우, 투입되어야 할 트레일러 대수가 32대의 절반 수준인 16대로 줄었고, 컨테이너 평균대기시간은 입고가 0.53분에서 2.76분, 출고가 5.66분에서 7.66분으로 다소 증가했지만, 트레일러의 적재운행률이 72.2%에서 87.4%로 증가했고, 공차운행률은 22.9%에서 10.6%로 감소되었으며, 정차율이 4.8%에서 2.0%로 절반가량 줄어들었다.

따라서 기존의 운송 방식보다 풀링 및 듀얼사이클링을 적용한 운행 방식에서 트레일러의 운영대수가 50% 감소되었고, 운행 효율성은 전체적으로 20% 가량 향상된 것으로 판단된다. 이러한 결과는 외주물류기업이 중심이 된 운송 공동화가 동적계획과 라우팅 작업규칙을 통해 차량 및 인력 등 자원의 효율성 개선과 서비스 향상을 가져 온 것으로 보인다.

## 2. 연구결과의 활용방안

기존 컨테이너 터미널의 YT 배정 방식은 조별방식으로 각 안벽 크레인별로 YT를 고정시켜 다른 안벽 크레인의 작업과는 독립적으로 운영되어 특정지역에서 발생한 처리지연이 연관된 모든 작업에 지장을 초래하였다. 또한 듀얼사이클링을 구현할 수 없었기 때문에 운행 차량대수가 많아지는 문제점을 초래하였다. 이 문제를 해결하기 위해 국내 컨테이너 터미널에서는 배차방식을 다수의 안벽 크레인 작업에 다수의 YT가 함께 작업을 지원하는 풀링 시스템으로 전환하여 항만의 생산성을 높이고 있다. 또한 학계에서도 풀링 방식을 적용한 운영 전략에 관해 많은 연구를 진행하고 있다. 특히 배차의 수립과정, 운영규칙에 따른 할당계획 등을 제시하며 실험을 통해 효율적인 운영 모델을 제안하고 있다. 하지만 모델의 전제조건이 제한적이며 서비스 지역도 주로 터미널내로 한정되어 있어 적절한 풀링 범위 및 할당 계획에 확장성이 부족한 편이었다.

본 연구에서는 물류 아웃소싱 서비스를 통해 부산항신항 컨테이너 터미널과 연계된 배후단지 물류업체의 집약 배치에 따른 지리적 여건을 반영한 풀링 방식을 제안하여 컨테이너 터미널과 통합된 시너지 효과를 거두고 있다. 또한 컨테이너터미널의 장치장과 배후단지 물류업체사이의 셔틀운송에 외주물류기업이 중심이 되어 최소의 셔틀차량을 투입하여 최대의 효과를 획득할 수 있는 실증적 기준을 제시하였다. 이것은 본 연구 결과가 물류 공급사슬에 참여하는 주체들에게 비용절감 및 경쟁력 강화라는 실무차원의 이점을 제공할 수 있음을 시사한다.

따라서 운영규칙 적용의 확장을 입증한 본 연구는 부산항신항 배후단지에 범위를 제한하지 않고 새롭게 개발되거나 계획 중인 항만 배후단지에도 적용할 수 있고 항만과 연결된 내륙의 특정 밀집지역의 산업단지 및 해외 배후단지에도 그 활용범위를 지속적으로 확대할 수 있을 것으로 기대한다.

### 3. 한계점 및 향후연구

본 연구에서는 부산항신항 배후단지를 대상으로 외주 물류업체의 차량 운송 라우팅에 초점을 두고 실시간 작업변경이 가능한 동적 작업계획을 적용하였으며, 최소소요시간, 최소대기시간, 사전계획이행 등 3가지의 작업규칙을 모델링하여 투입되는 차량의 풀링 및 듀얼사이클링에 적용하였다. 다만 항만에 입출항하는 선박의 일정은 사전에 계획되어 있으나 배후단지 물류업체에서 발생시키는 운송 대상 화물량은 임의로 발생하는 것을 가정하였다. 만약 이들 물류업체의 화물 운송계획이 사전에 완벽하게 수립될 수 있다면 상대적으로 본 연구의 적용범위와 기대효과는 감소할 것으로 예상된다. 따라서 이에 대한 보다 면밀한 데이터 획득과 분석을 통해 엄밀한 효율성 개선효과를 도출할 필요가 있으며, 향후 연구를 통해 규명할 것이다.

또한 본 연구 결과를 실무에 적용함에 있어서 두 가지 한계점이 있다. 첫째 개별 물류업체별 처리 물동량에 대해 영업상의 비밀 유지를 위한 기술적인 문제와 공동운송을 위해서는 배후단지 물류업체들 모두의 합의 도출을 위한 정책적인 문제이다. 먼저 기술적인 문제는 배후단지 특정업체가 주도하는 공동운송 방식이 아닌 '부산항신항배후단지물류협회'가 주체가 되는 물류 아웃소싱 서비스 전략을 통해 이 사업을 독립적으로 진행하고 데이터베이스를 통한 보안방법과 공개키 암호화기법들을 사용한다면 기술적인 문제는 해소될 것으로 사료된다. 하지만 정책적인 문제는 개별 업체마다 현재 당면한 상황이 모두 다르기 때문에 합의된 결과를 도출하기 어려울 것으로 보인다. 즉 공동운송이 장기적으로는 시간적, 비용적 측면에서 많은 이점이 있는 것은 사실이지만 각 물류업체들이 자체 보유하고 있거나 지입으로 운영하고 있는 차량들의 처리가 단기적으로 해결하기 어려운 문제임으로 지방정부의 정책적 지원과 조정 작업이 선행되어야만 부산항신항 배후단지의 물류합리화와 효율화가 가능할 것으로 사료된다.

## 참고문헌

### 1. 국내 문헌

- [1] 국토해양부(2009), ICC 2차년도 성과발표.
- [2] 국토해양부(2010), 지능형항만물류시스템 발표자료.
- [3] 길광수, 박선현(2003), '항만 배후단지 개발관련 법·제도 비교연구', 기본연구 2003-10, 한국해양수산개발원.
- [4] 김옥남, 최윤수, 이종민, 전철민(2002), 'LBS의 현황과 위치정확도 개선 방안', 대한토목학회 학술대회, pp.2860~2863.
- [5] 김정수, 신계선(2004), '부산·진해 신항의 항만배후단지 개발현황과 효율적인 이용방안에 관한 연구', 한국항만경제학회지, 20권, 2호, pp.101~130.
- [6] 김종칠(2003), '글로벌 전자상거래 시대에 있어서 화주기업의 3자 물류업체 선정요인에 관한 연구', 한국국제상학회 제18권, 2호, pp.93~115.
- [7] 김종칠(1999), '한국기업의 제3자 물류서비스 활용상 문제점 및 발전방향에 관한 연구', 물류학회지, 9호, pp.1~26.
- [8] 김홍배, 손익환(2006), '모바일 환경하에서의 실시간 차량 경로 계획', 로지스틱스연구 14권, 2호, pp.187~205.
- [9] 대한상공회의소(2005), 2005년 국내 물류서비스 이용실태 조사.
- [10] 박종홍(2006), 우편물류 RFID 기술 도입 로드맵, 우정정보, 65호, pp.19~30.
- [11] 박찬석(2006), 정부의 물류정책과 물류산업 활성화를 위한 小考, 우정정보, 67호, pp.1~20.
- [12] 박태원, 최중희(2001), '항만배후공간의 효율적 이용에 관한 연구' - 부산·인천항을 중심으로 -, 기본연구2001-16, 한국해양수산개발원.
- [13] 백종실(1999), '아시아 주요국 항만배후지 물류거점화정책 연구', 기본연구 1999-14, 한국해양수산개발원, .

- [14] 서창적, 전희준(2005), '고객의 시간요구와 비용을 고려한 택배 서비스 배송 규칙(ETD rule)의 개발', 경영학연구 제34권, 5호, pp.1321~1337.
- [15] 우종균(2002), '국제 복합운송체계의 변화·확대에 대응한 우리나라의 국제복합운송 거점화 전략', 월간해양수산, 통권 210호, pp.71~88.
- [16] 유승화(2005), 유비쿼터스 사회의 RFID, 전자신문사.
- [17] 윤병구, 박규석, 안기명, 김명재(2005), '동북아 물류거점화를 위한 항만배후부지 구축전략에 관한 실증연구', 한국항해항만학회지, 29권, 10호, pp.897~906.
- [18] 이기환, 황두건, 김명희(2008), '부산항 신항 컨테이너터미널 배후단지 조성사업의 경제성 평가에 관한 연구', 한국항만경제학회지, 24권, 4호, pp.153~171.
- [19] 이성우(2008), '물동량 구조분석을 통한 광양항 항만배후단지 유치업종 선정연구', 국토연구, 58권, pp.3~20.
- [20] 이성우, 고현정, 김찬호, 김근섭(2007), '국제 분업화에 따른 항만배후단지 기업유치 방안 연구', 기본연구2007-13.
- [21] 이성열, 박영한, 이정민(2007), '개미 알고리즘을 이용한 택배 배송 최단경로 탐색 시범시스템의 개발', 한국산업정보학회논문지 12권, 4호, pp.89~96.
- [22] 이성우(2001), '일본 항만배후부지 개발사례 연구', 한국해양수산개발원, 월간 해양수산 Vol.206, pp.1~26.
- [23] 이승무(2007), 'AutoMod를 활용한 효율적 작업배정에 관한 연구', 인하대학교 대학원 석사학위논문.
- [24] 일본국토교통성(1997), 종합물류구책대망.
- [25] 임재걸, 주재훈, 정승환(2008), '위치기반서비스를 위한 무선 근거리통신망 기반의 사용자 추적방법 및 실험', 한국전자거래학회지 제13권, 4호, pp.1~16.
- [26] 정경권, 박현식, 최우승(2008), '무선 센서 네트워크를 이용한 RSSI 기

- 반의 실내 위치추적 시스템', 한국컴퓨터정보학회논문지 제13권, 제7호, pp.67~73.
- [27] 정봉현(2006), '지방항만도시 배후지역의 화물 복합운송체계 형성전략', 한국항만경제학회지, 21권, 2호, pp.229~270.
- [28] 정승희, 이현재, 고봉진, 오창현, 임춘식(2006), '2.45GHz 대역 RTLS 트래픽 모델 및 eTOA 기법을 이용한 위치추정 알고리즘의 성능분석', 한국항해학회논문지, 10권 2호, pp. 95~102.
- [29] 조원경, 이종호(2005), '국내택배시스템에 개미시스템 알고리즘의 적용 가능성 검토', 대한교통학회지 제23권, 4호, pp.81~91.
- [30] 최광수, 김형일, 안승범(2005), '우리나라 항만배후단지의 개발방향 및 효과에 대한 실증연구', 한국항만경제학회지, 21권, 2호, pp.147~172.
- [31] 최영봉, 이춘수(2009), '부산지역 ICD의 TPL(Third Party Logistics) 서비스 기능 강화에 관한 연구', 한국항만경제학회지, 25권, 3호, pp.165~182.
- [32] 최재경, 정지영, 윤원정(2002), 'LBS 관련 기술 및 시장 동향관련 기술 및 시장동향', 정보통신산업진흥원.
- [33] 하창승, 배석태, 이기욱, 안재덕(2009), 'DHP를 이용한 부산신항 배후부지 물류업종 선정', 수산해양교육연구' 제21권, 1호, pp95~105.
- [34] 한국무역협회(2006), 2006년도 정부의 물류시책 및 중점추진과제.
- [35] 한철환, 우종균(2004), '북중국 항만발전이 우리나라 환적화물 유치에 미치는 영향', 기본연구2004-10, 한국해양수산개발원.
- [36] 황호만(2006), 군산항 배후단지의 로지스틱스 전략, 한국항만경제학회지, 22권, 2호, pp.1~18.
- [37] 해양수산부(2003), 부산항·광양항 항만배후단지 기업 투자유치 실행계획, 동북아물류중심기지화를 위한 항만배후단지 투자유치설명회자료.
- [38] 해양수산부(2005), 항만물류 효율화 시범사업.

## 2. 국외 문헌

- [1] Aertsen, F.(1993), Contracting out the physical distribution function: A trade-off between asset specificity and performance measurement, International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, Vol.23, No.1, pp.23-29.
- [2] Asif, Z., and M. Mandviwalla(2005), "Integrating the supply chain with RFID: A technical and business analysis. Communications of the Association for Information Systems," Vol. 15, pp. 383-427.
- [3] Baldacchino(2006), Godfrey., Managing the hinterland beyond: Two ideal-type strategies of economic development for small island territories, Asai Pacific Viewpoint, Vol.47, No.1, pp.45-60.
- [4] Birge, J., and F. Louveaux(1997), Introduction to stochastic programming, Berlin: Springer.
- [5] Bowersox, D.J.(1990), Strategic benefits of logistics alliances, Harvard Business Review, Vol.68, No.4, pp.36-43.
- [6] Cargo Handling Technologies Final Report(2000), University of Southern California, Center for Advanced Transportation Technologies.
- [7] Cheng, L., E. Subrahmanian., and A. Westerberg(2003), "Design and planning under uncertainty: issues on problem formulation and solution," Computers and Chemical Engineering, Vol. 27, pp. 781-801.
- [8] Cheung, K.R., Tong, J.H., Slack, B.(2003), The transition from freight consolidation to logistics: the case of Hong Kong, Journal of Transport Geography, Vol.11, pp.245-253.
- [9] Down, G., and E. Lewis, "Dynamic load balancing in parallel queueing systems: Stability and optimal control," European Journal



of Operational Research, Vol. 168, 2006, pp. 509–519.

- [10] Frankel, E.(2005), "Maritime Security, Management, Technology and Impact on Maritime Operations and Economics," IAME at Cyprus.
- [11] Ganesh, V.(2005), A Framework for Evaluating Third-Party Logistics, Communications of the ACM, Vol.48, No.1, pp.89–94.
- [12] Gilland, G., "Analysis of optimal and nearly optimal sequencing policies for a closed queueing network," Operations Research Letters, Vol. 33, 2005, pp.9–16.
- [13] Grunow, M., H. Gunther., and M. Lehmann(2004), "DispaYChing multi-load AGVs in Highly automated seaport container terminals," OR Spectrum, Vol. 26, pp. 211–235.
- [14] Hayuth, Yehuda.(1987), Intermodality: Concept and Practice, Lloyd's of London Press Ltd., pp.84–86.
- [15] Hong SC & Park YB(2004), A Two-phase Method for the Vehicle Routing Problems with Time Windows. IE Interfaces 17, pp. 103–110.
- [16] Howard, R.(1960), Dynamic Programming and Markov Processes, Cambridge, MIT Press.
- [17] Hiller, F., and G. Lieberman(2001), Introduction to Operations Research, McGrawHill.
- [18] IDTechEx(2005).
- [19] Industry Canada(2002), Logistics and Supply Chain Management: Overview and Prospects, pp.6–7.
- [20] Jang, W., and J. Shanthikumar, "Sequential process control under capacity constraints," European Journal of Operational Research, Vol. 155, 2004, pp.695–714.
- [21] Jockel, O. and M. Peters(1998), The day of the mega-carrier,

- Logistics Europe, June, pp.16–25.
- [22] Kim, H.(2006), "A Speed–Adaptive Location Estimator for Wireless LAN–based RTLS Systems," IEEE Asia–Pacific Conference on Communications, pp.1–6.
- [23] Kim, J., S. Kumara., S. Yee, and J. Tew, "Dynamic Shipment Planning in an Automobile Shipment Yard using Real–Time Radio Frequency Identification Information," International Conference on Automation Science and Engineering, 2005 IEEE, pp.148–153.
- [24] Kim, K., S. Won., J. Lim., and T. Takahashi(2004), "An architectural design of control software for automated container terminals", Computer and Industrial Engineering, Vol. 46, pp. 741–754.
- [25] Leahy, S.E., Murphy, P.R. and Poist, R.F.(1995), Determinants of successful logistical relationships: a third party provider perspective, Transportation Journal, Vol.35, No.2, pp.5–13.
- [26] Lee, J., and J. Lee(2006), "Approximate dynamic programming based approach to process control and scheduling," Computers and Chemical Engineering, Vol. 30, pp. 1603–1618.
- [27] Lee, H.(2004), "Supply Chain Security–Are you ready?," Stanford Global Supply Chain Management Forum, pp.2–16.
- [28] Lee, S., Y. Kim., C. Seo., and N. Park(2006), "A Study on the potential and Requirements in Shipping Companies with RFID Technology," International Journal of Navigation and Port Research, Vol. 30, No. 2, pp.151–159.
- [29] Leveque, P., Roso, V.(2002), Dry Port concept for seaport inland access with intermodal solutions, Master thesis, Chalmers University of Technology.
- [30] Lewis, I. and Talalayevsky, A.(2000), Third–party logistics:

- Leveraging information technology, *Journal of Business Logistics*, Vol.21, pp.173–185.
- [31] Li, D., D. Kehoe., and P. Drake(2006), "Dynamic planning with a wireless product identification technology in food supply chains," *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 30, pp.938–944.
- [32] Lieb, R.C.(1992), The use of third-party logistics services by large American manufacturers, *Journal of Business Logistics*, Vol.13, No.2, pp.29–42.
- [33] Lieb, Robert.(2008), The North American Third-party Logistics Industry in 2007: The Provider CEO Perspectives, *Transportation Journal*, Spring.
- [34] Liu, C., H. Jula., K. Vukadinovic., and P. Ioannou, "Automated guided vehicle system for two container yard layouts," *Transportation Research Part C*, Vol. 12, 2004, pp.349–368.
- [35] M. Datar and A. Ranade(2000), "Commuting with Dealy Prone Buses," in *Proc. 11th Annual ACM–SIAM Symposium on Discrete Algorithms*, pp.22–29.
- [36] Menon, M.K. et al.(1998), Selection criteria for providers of third-party logistics: An exploratory study, *Journal of Business Logistics*, Vol.19, No.1, pp.121–136.
- [37] Notteboom, T.E, Winkelmans, W.(2001), Structural changes in logistics: how will port authorities face the challenge?, *Maritime Policy and Management*, Vol.28, pp.71–89.
- [38] Notteboom, T.E., Rodrigue, J.P.(2007), *Re-assessing port–hinterland relationships in the context of global commodity chains, Ports, Cities,and Global Supply Chain*, 1st ed, Ashgate, pp.51–66.

- [39] Oum-Park, Multinational firms' location preference for regional distribution centers: focus on the Northeast Asian region, Transportation Research Part E, 2004.
- [40] Ozden, M.(1987), "A dynamic planning technique for continuous activities under multiple resource constraints," Management Science, Vol. 33, No. 10, pp.1333–1347.
- [41] Park, D., Y. Choi., and Ki. Nam(2006), "RFID–Based RTLS for Improvement of Operation System in Container Terminals," IEEE Asia–Pacific Conference on Communications, pp. 1–5.
- [42] Rabinovich, E., et al.(1999), Outsourcing of Integrated logistics functions, International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, Vol.29, No.6, pp.353–373.
- [43] Renaud J & Laporte G, Boctor FF(1996), A Tabu Search Heuristic for the Multi–depot Vehicle Routing problem. Annals of Operations Research, 41: 421–451.
- [44] RFID Journal Korea(2010).
- [45] Robinson, R.(2002), Ports as elements in value–driven chain systems: the new paradigm, Maritime Policy and Management, Vol.29, pp.241–256.
- [46] Savelsbergh, M., and M. Sol(1998), "DRIVE: Dynamic routing of independent vehicles," Operations Research, Vol. 46, No. 4, pp. 474–490.
- [47] Sink, H.L. and Langley, C.J.(1997), A managerial framework for the acquisition of third–party logistics services, Journal of Business Logistics, Vol.19, No.1, pp.121–136.
- [48] Taillard ED & Laporte G, Gendreau M(1996), Vehicle Routing with Multiple Use of Vehicles. Journal of the Operational Research Society 47: 1043–1057.

- [49] Tan, Tai-Yong.(2007), Port cities and hinterlands: A comparative study of Singapore and Calcutta, Political Geography, Vol.26, pp.851-865.
- [50] Tim, H.(2004), "Open RTLS Standards," Auto-ID Showcase.
- [51] Torchia, M.(2005), "Need to track high-dollar assets fuels location systems market growth," Manufacturing Business Technology, pp. 54.
- [52] Transport Intelligence(2006), Global Contract Logistics 2006: Outsourcing and Collaboration.
- [53] Treilcock, B.(2006), "RTLS: Find a needle in a haystack," Modern Materials Handling, pp.42-46.
- [54] UN(2005), Free Trade Zone and Port Hinterland Development, New York.
- [55] Violeta Roso.(2009), Johan Woxenius., Kenth Lumsden., The dry port concept: connecting container seaports with the hinterland, Journal of Transport Geography, Vol.17, pp.338-345.
- [56] Vis, I., and I. Harika(2004), "Comparison of vehicle types at an automated container terminal," OR Spectrum, Vol. 26, pp.117-143.
- [57] Zhu, J., Lean, H.S., Ying, S.K.(2002), The Third-Party Logistics Services and Globalization of Manufacturing, International Planning Studies, Vol.7, No.1, pp.89-104.